
Walter Beier

Wilhelm Conrad Röntgen

Biografien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner Band 4
1970 BSB B. G. Teubner Leipzig
Abschrift und LaTeX-Satz: 2023

<https://mathematikalpha.de>

Wilhelm Conrad Röntgen



Abb. 1. Wilhelm Conrad Röntgen

Am 28. Dezember 1895 übergab der Direktor des Physikalischen Institutes an der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg, Prof. Dr. Wilhelm Conrad Röntgen, dem Sekretär der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft an der Universität Würzburg das Manuskript seiner Arbeit

"Über eine neue Art von Strahlen"

Obwohl in keiner Sitzung über diese Arbeit gesprochen worden war, da in den Weihnachtsferien keine Sitzungen stattfanden, erfolgte ihre sofortige Drucklegung in den Sitzungsberichten der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg, und Röntgen konnte die ersten Sonderdrucke am Neujahrstag 1896 an eine Reihe seiner Kollegen versenden.

Die kleine Schrift umfasste zehn Seiten. Sie war in der für Dissertationen üblichen Form geheftet und mit einem Heftstreifen aus farbigem Glanzpapier versehen. In dieser ersten vorläufigen Mitteilung beschreibt Röntgen in knapper, aber formvollendeter Darstellung gesicherte Experimente mit den von ihm entdeckten "X-Strahlen".

Der erste der 17 Abschnitte dieser denkwürdigen Veröffentlichung lautet wörtlich:

"Läßt man durch eine Hittorf'sche Vakuumröhre, oder einen genügend evakuierten Lenard'schen, Crookes'schen oder ähnlichen Apparat, die Entladungen eines größeren Ruhmkorff'¹ gehen und bedeckt die Röhre mit einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnerem schwarzen Karton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer

¹Nach Daniel Ruhmkorff (1803-1877) benannter Hochspannungstransformator mit offenem Eisenkern. Seine primäre Wicklung wird mit Gleichstromimpulsen beschickt. Sekundärseitig können Spannungen bis 100000V erzeugt werden. Der Verlauf der Spannung-Zeit-Funktion hängt von der Art der Gleichstromimpulse und von der Induktivität der Primärspule ab.

einen in die Nähe des Apparates gebracht, mit Bariumplatinzyanür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluoreszieren, 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."

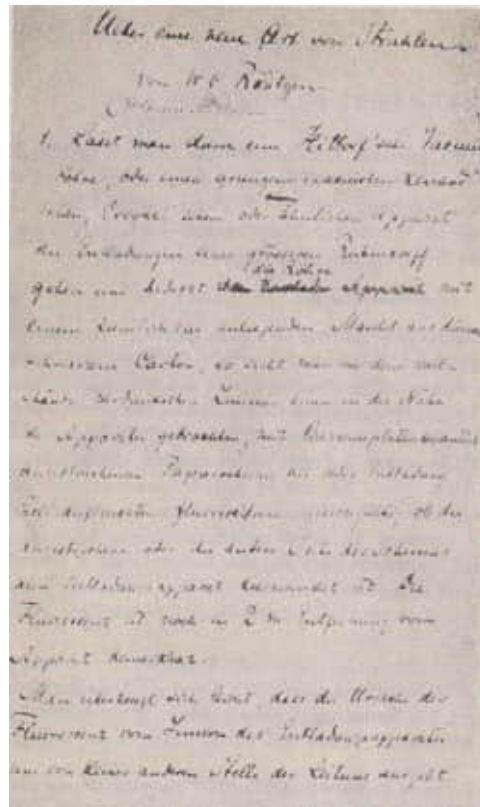


Abb. 2. Manuskriptseite von Röntgens vorläufiger Mitteilung:
"Über eine neue Art von Strahlen"

Dieser Abschnitt enthält die grundlegende Beobachtung Röntgens, die er an einem Freitagabend (den 8. November 1895) in seinem Laboratorium gemacht hatte. Wir wissen nicht, welche Gedanken den Gelehrten in seinem einfachen Arbeitszimmer bewegt haben mögen, als in dem verdunkelten Raum sein Blick plötzlich durch einige hell fluoreszierende Kristalle angezogen wurde, die in einiger Entfernung von der Röhre auf einem Tische lagen.

Wir haben heute leider keine authentischen Informationen über diese ersten Beobachtungen. Röntgen selbst hat wenig darüber gesprochen. Seinem Freunde, dem Zoologen Boveri gegenüber äußerte er nach der Entdeckung:

"Ich habe etwas Interessantes entdeckt, aber ich weiß nicht, ob meine Beobachtungen korrekt sind."

In den sieben Wochen, die zwischen der Beobachtung der ersten an und für sich relativ unbedeutenden Wirkung der unbekannten Naturerscheinung und der Veröffentlichung der ersten vorläufigen Mitteilung liegen, hat Röntgen in genialer Weise aus der Menge der Erscheinungen das Phänomen der "X-Strahlen" klar herausgearbeitet.

Röntgen muss mit äußerster Arbeitseifer diese Wochen genutzt haben, um alle Unterlagen zu gewinnen. Seine Frau berichtete, dass er in diesen Wochen sich ganz von der

Außenwelt abschloss.

Der Gelehrte nahm in den ersten Tagen nach der Entdeckung nicht nur die Mahlzeiten in seinem Arbeitsraume ein, sondern ließ sich für längere Zeit sogar dort seine Schlafstätte aufstellen. Röntgen behielt das anfangs geschilderte Phänomen so lange für sich, bis nach echt klassischer Arbeitsweise die damit verbundenen Erscheinungen gründlichst untersucht und geprüft waren.

Selbst seine Assistenten erfuhren erst nach der Veröffentlichung der "Vorläufigen Mitteilung", welche große Entdeckung an ihrem Institut gemacht worden war.

Am 23. Januar 1896 erschien Röntgens Arbeit in der Londoner Zeitschrift "Nature" und am 14. Februar in der amerikanischen "Science". Die französische Zeitschrift "L'Eclairage Electrique" brachte die "Vorläufige Mitteilung" am 8. Februar 1896.

In wenigen Wochen war Röntgens Entdeckung in aller Welt bekannt geworden und hatte, wie nur selten in der Geschichte der Wissenschaft, einen tiefen Eindruck auf das Publikum gemacht. Die größte Überraschung bildete dabei die Aufnahme einer menschlichen Hand, mit der Röntgen von Anfang an seiner Entdeckung eine große Perspektive für die praktische Anwendung in der Medizin gab.

Mit Röntgens Entdeckung begann nicht nur die medizinische Radiologie und die zerstörungsfreie Materialprüfung, sondern auch die Biophysik und Biochemie der Strahlenwirkungen. Wer aber war der große Gelehrte, dem diese Entdeckung gelang und der sie in der richtigen Weise weiter zu ergründen verstand?

Wilhelm Conrad Röntgen wurde am 27. März 1845 in Lennep im Bergischen Land² geboren.



Abb. 3. In diesem Hause in Remscheid-Lennep wurde Wilhelm Conrad Röntgen am 27. 3. 1845 geboren

²Rechtsrheinische Landschaft zwischen Ruhr und Sieg im Gebiet des ehemaligen Herzogtums Berg.

An dem noch erhaltenen Geburtshaus, einem schönen Fachwerkbau am Gänsemarkt, befindet sich seit 1920 eine Erinnerungstafel. Sein Vater, der Kaufmann und Tuchfabrikant Friedrich Conrad Röntgen, wurde ebenfalls in Lennep geboren und entstammt einer altangesehenen rheinischen Kaufmannsfamilie.

Die Mutter, eine geborene Charlotte Constanze Frowein, kam aus einer in Holland ansässigen alten Lenneper Familie. Röntgens Vater und Mutter waren Verwandte, Vetter und Base.

Drei Jahre nach der Geburt Wilhelm Conrads verkauften die Eltern das Geburtshaus und siedelten nach Apeldoorn in Holland über. Die Niederlage der Revolution des Jahres 1848 veranlasste den Vater, nach Holland auszuwandern. Eine Urkunde gibt darüber einigen Aufschluss.



Abb. 4. Gedenktafel am Geburtshaus Röntgens

Am 23. Mai 1848 wurde dem Vater Friedrich Conrad Röntgen der beantragte Consens zur Auswanderung nach Holland. ausgefertigt und mit der Bemerkung übergeben: "..., daß mit der Empfangnahme desselben er der Eigenschaft als Preußischer Unterthan entsage..."

So wurde Wilhelm Conrad Röntgen im Alter von 3 Jahren Holländer, und das einzige Zeichen, welches ihn oft an seine Vaterstadt erinnerte, war während der folgenden Jahre nur das von seinem Vater gebaute Modell des Geburtshauses.

Über die Schulzeit Wilhelm Conrads in Apeldoorn scheint nur wenig bekannt zu sein. Man muss annehmen, dass seine Erziehung unregelmäßig erfolgte.

Aus einem Lebenslauf, den Röntgen im Jahre 1869 verfasst hat, geht hervor, dass er bis 1861, also bis zu seinem sechzehnten Lebensjahr, in Apeldoorn Primar- und Sekundarschulen besuchte, aber kein Gymnasium. Auch in den Schülerverzeichnissen des Utrechter Gymnasiums und in den Gymnasien anderer Städte Hollands erscheint nicht Röntgens Name.

Am 27. Dezember 1862 verzog Röntgen nach Utrecht und besuchte bis 1863 dort eine kleinere Privatschule, die Knaben im Alter von 14 bis 18 Jahren aufnahm, um sie auf das Studium eines technischen Berufes vorzubereiten. Das Abschlusszeugnis dieser technischen Lehranstalt berechnete nicht zum Besuch aller Hochschulen, entsprach also nicht einem Reifezeugnis.

Wahrscheinlich beabsichtigte Röntgen, später einen technischen Beruf zu ergreifen,

vielleicht, der Familientradition folgend, Tuchfabrikant zu werden.

Die frohe Zeit, die Röntgen im Hause des Utrechter Chemieprofessors J. W. Gunning verlebte, wurde jedoch durch seine zwangsweise Entfernung aus der Utrechter Schule unterbrochen. Die Einzelheiten dieses Vorfalles, den Röntgen zeitlebens nicht vergaß und von dem er seinen besten Freunden erzählte, konnten nie ganz aufgeklärt werden.

Er selbst berichtet von der Karikatur eines Klassenlehrers, die sein Freund auf den Ofenschirm gezeichnet hatte und die Röntgen, der selbst ein schlechter Zeichner war, besonders gefiel. Der vorzeitig eintretende Lehrer sah das Bild und geriet darüber in großen Zorn.

Er verlangte von Röntgen, der das Bild noch betrachtete, den Namen des Missetäters, Röntgen aber weigerte sich, den Namen des Freundes zu nennen. Auch als der Lehrer mit dem consilium abeundi drohte, schwieg Röntgen, und so wurde er aus der Schule entfernt.

Außerhalb der Schule versuchte Röntgen durch Privatstudien, in die er auch die alten Sprachen einschloss, ein Reifezeugnis zu erwerben. Durch die Vermittlung eines Bekannten wurde er ausnahmsweise zu einem Privatabsolutorium zugelassen, nach dessen erfolgreicher Ablegung er das Reifezeugnis erhalten sollte.

Doch gerade am Examenstage vertrat ein Lehrer derjenigen Privatschule, aus der Röntgen ein Jahr zuvor zwangsweise entfernt worden war, den Röntgen wohlgesinnten Examinator.

Röntgen fiel durch das Examen hindurch, und man kann verstehen, dass dieses Ereignis ihn, der sich gerade auf diese Prüfung mit so viel Eifer vorbereitet hatte, zeitlebens veranlasste, sich über alle Examina mit leisem Spott zu äußern. Noch im Jahre 1920 schrieb er an Frau Boveri:

"Schülerexamen geben meistens keinen Anhaltspunkt für die Beurteilung der Befähigung für ein spezielles Fach; sie sind überhaupt ein - leider - notwendiges Übel. Überhaupt Examina!

Sie sind nötig, um manchen von einem Lebensberuf abzuhalten, für den er zu faul oder sonst ungeschickt wäre, und auch das noch nicht einmal immer... Die wirkliche Probe auf Befähigung zu einem Beruf bringt erst das spätere Leben ...".

Diese wirkliche Probe auf Befähigung hat Röntgen, wie uns sein weiterer Lebensweg zeigt, dann auch auf das glänzendste bestanden. Ihn, dem wie kaum einem anderen Wissenschaftler zuvor eine Entdeckung gelang, die in gleicher Weise die Wissenschaft und die Praxis zum Wohl der Menschen befruchtete, finden wir, obwohl er keine Matrikel besaß, die ihm gestattet hätte, als vollberechtigter Student eine Universität zu beziehen, doch als Hörer der Fächer Mathematik, Physik, Chemie, Zoologie und Botanik im Jahre 1865 an der Universität zu Utrecht.

Im Herbst dieses Jahres erfuhr Röntgen jedoch, dass das Eidgenössische Polytechnikum in Zürich Studenten auch ohne Reifezeugnis aufnimmt, falls sie eine allerdings sehr strenge Aufnahmeprüfung bestehen. Röntgen bewarb sich sofort, und schon wenige Tage nach Beginn des Wintersemesters traf er in Zürich ein.

Sein reifes Alter, er war 20 Jahre alt, und seine vortrefflichen Zeugnisse, besonders in

den mathematischen Fächern der technischen Schule in Utrecht, sowie sein einjähriger Besuch der Universität hatten den Direktor der Züricher Anstalt bewogen, Röntgen die Aufnahmeprüfung zu erlassen.

Nun endlich begann für Röntgen eine schöne Studentenzeit mit intensiver Arbeit, wie seine Zeugnisse beweisen, aber auch mit vielen Bergtouren, die er zusammen mit einem holländischen Freund unternahm, und manchen Studentenstreichen. An der Eidgenössischen polytechnischen Schule studierte Röntgen angewandte Mathematik. Er hörte bei hervorragenden Lehrern.

Viele von ihnen waren aus dem Deutschland des Jahres 1848 geflüchtet. Gustav Zeuner aus Chemnitz versuchte mit Erfolg, das wissenschaftliche Fundament der sich entwickelnden Maschinenindustrie zu schaffen. Karl Culmann, der geniale Begründer der Graphostatik, und der Chemiker Bolley formten das wissenschaftliche Weltbild des jungen Röntgen genauso wie Rudolf Imanuel Clausius, der Begründer der mechanischen Wärmetheorie, und besonders sein Nachfolger August Kundt.

Am 6. August 1868 erhielt Wilhelm Conrad Röntgen das Diplom als Maschineningenieur der Eidgenössischen polytechnischen Schule. Die schriftliche Diplomarbeit umfasste die Bearbeitung eines größeren Projektes einer Maschinenanlage.

Der theoretische Teil wurde mit der Note $5\frac{3}{4}$, der konstruktive Teil mit der Note $4\frac{1}{2}$ bewertet. Die Note 6 war damals die beste, die Note 1 die geringste Bewertung.

"Aus diesen Akten und Zeugnissen ergibt sich, dass der Schüler Wilhelm Conrad Röntgen ein hervorragendes Interesse für theoretische Disziplinen gezeigt hatte, dass er dagegen Konstruktionsfragen weniger Interesse entgegenbrachte. Er scheint ein freiheitsliebendes und etwas unruhiges Element der Schule gewesen zu sein ...", so charakterisiert Glasser, der bekannte Röntgen- Biograph, das Verhalten Röntgens an der Züricher Anstalt.

Die wesentlichsten Anschauungen Röntgens bildeten sich während des Aufenthalts in den seinerzeit politisch bereits weit entwickelten Ländern Holland und Schweiz heraus. Daraus dürfte Röntgens liberale Grundhaltung resultieren, die er in seinem späteren Leben oft unter Beweis gestellt hat.

Während der Züricher Zeit lernte Röntgen Bertha Ludwig kennen, mit der er sich im Herbst 1869 mit Zustimmung seiner Eltern verlobte. Die sechs Jahre ältere Braut war schon zu dieser Zeit oft kränklich und weilte dann lange Zeit zur Kur auf dem Utlberg.

Auch als Röntgen am 22. Juni 1869 sein Doktorexamen glücklich bestand, wohnte die Braut dort, und Röntgen schrieb später: "...Als ich vor 50 Jahren mein Doktordiplom eingehändigt bekommen hatte, rannte ich damit auf den Utlberg - bei Zürich - hinauf, wo damals mein Schatz zur Kur verweilte, und wir waren dann recht stolz und fröhlich, trotzdem die Geschichte eigentlich nicht viel bedeutete und ich allen Grund hatte, wegen meiner ganz ungesicherten Zukunft recht besorgt sein zu müssen.

Ich hatte zwar zwei Diplome - eines als Ingenieur und das zweite als Dr. phil. - in den Händen, konnte mich aber gar nicht entschließen, in die Technik zu gehen, was der ursprünglich beabsichtigte Plan war"

Den Dokortitel konnte die damalige Eidgenössische polytechnische Schule nicht verleihen; da aber im gleichen Hause die Züricher Universität untergebracht war, blieb Röntgen ein weiteres Jahr in Zürich und arbeitete seine Studien über Gase aus, die er 1869 der Hohen Philosophischen Fakultät dieser Universität einreichte.

Das Referat dieser Arbeit übernahm Mousson, der eigentlich Experimentalphysiker war, aber durch seine Untersuchungen über Schnecken bekannt wurde. Nach einer ausführlichen Darlegung des Inhaltes der Arbeit des Dokortkandidaten schreibt er:

"...kann dieselbe als eine größtenteils selbständige, wissenschaftlich durchgeführte und mit theoretisch interessanten Resultaten abschließende Arbeit bezeichnet werden, wenn auch der Hauptpunkt, die neue Formulierung des Mariotte-Gay-Lussacschen Gesetzes, noch nicht als hinlänglich erwiesen betrachtet werden kann.

Jedenfalls enthält die eingereichte Schrift mehr als genügende Beweise von gediegenen Kenntnissen und selbständiger Forschungsgabe auf dem Gebiet der mathematischen Physik ...".

Richtungweisend für das weitere Leben Röntgens wurde dann seine Bekanntschaft mit August Kundt. Mit 29 Jahren berief man ihn als Nachfolger von R. Clausius auf den Lehrstuhl für Physik an das Züricher Polytechnikum. Er begann sofort, seine Vorlesungen über Experimentalphysik mit zahlreichen Versuchen zu unterbauen, und richtete in bescheidenen Räumen "Physikalische Übungen" ein.

In diesen Räumen, oft mit kärglichem Material arbeitend, begann Röntgen als Kundts Assistent sich voll und ganz der Experimentalphysik zu verschreiben. Röntgen selbst äußert sich lange Zeit später in einem Brief an Frau Boveri über seine Bekanntschaft mit Kundt:

"... In dieser Zeit lernte ich einen jungen Professor der Physik - Kundt - kennen, der mich eines Tages fragte: "Was wollen Sie eigentlich in ihrem Leben?"

Auf meine Antwort, daß ich dies nicht wüßte, sagte er, ich sollte es doch einmal mit der Physik versuchen, und als ich ihm bekennen mußte, daß ich mich damit so gut wie gar nicht beschäftigt hätte, meinte er, das ließe sich wohl noch nachholen. Kurz und gut, mit 24 Jahren und so halb und halb schon verlobt, fing ich dann an, Physik zu studieren und zu treiben ...".

Mit Kundt begann er seinen Weg als Experimentalphysiker, mit ihm ging er auch im Jahre 1870 an die Universität Würzburg, noch nicht ahnend, dass ihm in Würzburg die große Entdeckung der "X-Strahlen" gelingen würde.

Seine Vermählung mit Bertha Ludwig erfolgte am 19. Januar 1872 in Apeldoorn. 50 Jahre lebte er mit ihr in glücklicher aber kinderloser Ehe. Schwierigkeiten und Sorgen ergaben sich für Röntgen zunächst wieder in seinem Beruf.

Trotz aller Einsprüche seines Lehrers Kundt verwehrte ihm die alte traditionsgebundene Universität Würzburg die Habilitation. Möglicherweise spielte dabei seine fehlende lateinische Vorbildung eine Rolle.

In ganz Bayern soll damals die Habilitation ohne Gymnasial-Maturität unmöglich gewesen sein. Jedoch durfte ein Dozent, der sich bereits auswärts habilitiert hatte, übernommen werden. Glücklicherweise währte diese Hemmung, die Röntgens wissenschaftlicher

Laufbahn im Wege stand, nicht lange.

Als Kundt 1872 an die neugegründete Reichsuniversität in Straßburg berufen wurde, nahm er seinen bewährten Assistenten mit.

Dort konnte sich Röntgen nach zweijähriger Arbeit an seiner Habilitationsschrift am 13. März 1874 als Privatdozent an dem neuerrichteten Physikalischen Institut niederlassen, und von dort wurde der erst 30jährige Wissenschaftler ein Jahr nach seiner Habilitation als Nachfolger und auf Empfehlung H.F. Webers als Professor der Physik und Mathematik an die Landwirtschaftliche Akademie zu Hohenheim in Württemberg berufen.

Jedoch bereits am 1. Oktober 1876 ging er auf Wunsch seines verehrten Lehrers Kundt nach Straßburg zurück, um dort als zweiter Physiker das Fach der theoretischen Physik zu vertreten. Dort konnte er zusammen mit Kundt, teilweise auch allein, eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten veröffentlichen, die den Grundstein zu seiner im Jahre 1879 erfolgten Berufung für das Ordinariat der Physik an der Universität Gießen bildeten.

Zu diesem Zeitpunkt war Röntgen 34 Jahre alt und hatte 15 Veröffentlichungen verfasst, die verschiedenartige Gebiete der Physik betrafen.

Die erste, 1870 veröffentlichte Arbeit beschäftigte sich mit der Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen der Luft, die letzte dieser Schaffensperiode mit der elektromagnetischen Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Gasen, die er zusammen mit Kundt 1879 in den Annalen der Physik und Chemie veröffentlichte.

Daneben findet man mehrere Arbeiten, die sich speziell mit Kristallen befassen, ein Gebiet, zu dem sich Röntgen auch nach seiner großen Entdeckung immer wieder hingezogen fühlte.

Die Gruppe der Arbeiten aus der Straßburger Zeit Röntgens zeigen klar durchdachte Fragestellungen, geschickte experimentelle Durchführung und immer wieder eine kritische Prüfung der Resultate. Seine Schüler der damaligen Zeit schildern in ihren Schriften über Röntgen vor allem seine große Vorliebe, mit selbstgebaute Apparaturen zu experimentieren.

Selbständigkeit und Produktivität liebte er über alles, und er schätzte diejenigen Menschen besonders, die es verstanden, sich mit geringen Mitteln zu helfen. Röntgen soll einmal gesagt haben, dass ein Physiker mit Hilfe seines Taschenmessers schon sehr weit kommen müsste.

Als er hörte, dass Wien in der Vorlesung den Studenten versprochen hatte, ganz große Experimente zu machen, sagte er:

"Was sollen dann die Lehramtskandidaten, die später mit einfachen Mitteln vortragen müssen, mit diesen im größten Stil ausgeführten Versuchen anfangen?"

Nach seiner Berufung auf den Lehrstuhl der Physik an die Universität Gießen setzte Röntgen die Reihe seiner wissenschaftlichen Untersuchungen fort. Neun arbeitsreiche und lebensfrohe Jahre verbrachte er in dem sich schnell bildenden Freundeskreis, zu dem der Ophthalmologe v. Hippel, der Chirurg Krönlein, Gaffky u. a. gehörten.

Auch war es ihm jetzt möglich, eine eigene Jagd zu pachten und so manche Stunde allein oder mit seinen Freunden dort zu verbringen. Nur die Kinderlosigkeit seiner

Ehe, die besonders Frau Röntgen sehr schmerzlich empfand, trübte die frohe Gießener Zeit, Röntgen und seine Gattin entschlossen sich daher im Jahre 1887, Frau Röntgens Nichte, Bertha Ludwig, bei sich aufzunehmen. Im Alter von 21 Jahren wurde sie von Röntgen adoptiert.

In der Gießener Zeit Röntgens entstanden 18 Veröffentlichungen. Wieder gehörten mehrere von ihnen der Kristallforschung an. Auch der von Kerr gefundenen Beziehung zwischen Licht und Elektrizität galt sein besonderes Interesse. Daneben findet man aber auch Beschreibungen sehr schöner Demonstrationsversuche. wie z. B. die Arbeit: "Über einen Vorlesungsversuch zur Demonstration des Poiseuilleschen Gesetzes", die Röntgen 1883 in den Annalen der Physik und Chemie veröffentlichte.

Seine Liebe zu selbstgebaute Apparaturen und die Freude an einfachen Versuchsanordnungen werden besonders bei dieser Arbeit erneut deutlich.

Bedeutungsvoll ragt aus der Reihe der Gießener Veröffentlichungen die 1888 erschienene, berühmt gewordene Arbeit heraus über den Nachweis, dass in einem zwischen elektrisch geladenen Kondensatorplatten bewegten Dielektrium, z.B. einer Glasplatte, eine magnetische Wirkung hervorgerufen wird.

R. W. Pohl beschreibt dieses Experiment sehr eindrucksvoll in seinem bekannten Lehrbuch der Experimentalphysik. In idealer Weise zeigt Röntgen bei dieser Untersuchung, wie die Synthese von theoretischen Betrachtungen und experimentellem Geschick befruchtend auf die Entwicklung einer Wissenschaft einwirken kann.

Diese auf dem Boden der Faraday-Maxwellschen elektromagnetischen Theorie erhaltenen Ergebnisse haben in ihren weiteren Auswirkungen indirekt nicht nur zu der Lorentzschen und zu der Relativitätstheorie geführt, sondern auch zu den Grundlagen der modernen Elektrizitätslehre überhaupt.

Kein geringerer als der Münchner Physiker Sommerfeld stellt diese Arbeit Röntgens auf die gleiche Stufe wie die Entdeckung der Röntgenstrahlen.

Gar zu leicht übersieht die Öffentlichkeit den Wert dieser in den letzten Gießener Jahren entstandenen Untersuchungen. Natürlich berühren ihre Ergebnisse nicht so unmittelbar das große Publikum, wie etwa die Röntgenstrahlen, aber zusammen mit dem Rowlandeffekt zeigen sie uns, dass die dielektrischen Eigenschaften der Körper auf der Einlagerung von Elektronen beruhen.

Ausgezeichnete wissenschaftliche Arbeiten waren somit die Ursache dafür, dass sich gleich zwei Universitäten, Jena und Utrecht um den Gelehrten bemühten. Röntgen lehnte beide Berufungen ab.

Als er aber am 1. Oktober 1888 das ehrenvolle Angebot erhielt, als Nachfolger von Friedrich Kohlrausch nach Würzburg zu kommen, konnte er nicht ablehnen. Wenn man sich erinnert, dass es die gleiche Universität war, an der Röntgen, einige Jahre zuvor, sich nicht habilitieren durfte, so wird deutlich, zu welchem wissenschaftlichen Ansehen Röntgen inzwischen gelangt war. Glasser sagt, dass Röntgen einer der bedeutendsten Physiker des 19. Jahrhunderts gewesen wäre, auch wenn er die Röntgenstrahlen nicht entdeckt hätte.

Zum zweiten Male an dem Ort, an dem er schon als Kundts Assistent gewelt hatte, nahm er zunächst seine Arbeiten über den Einfluss des Druckes auf verschiedene Eigenschaften der Flüssigkeiten wieder auf. Sehr bald fanden sich zahlreiche Schüler. Zu dieser Zeit gelang es ihm, auf Grund seiner Resultate und denen anderer Forscher, aus dem anomalen Verhalten des Wassers zu schließen, dass das Wasser aus zwei Molekülarten besteht, den voluminöseren Eismolekülen und einer zweiten Molekülart mit kleinerem Volumen, die sich erst bei Temperaturerhöhung bildet.

Bis zu der Entdeckung der X-Strahlen vermochte Röntgen seine Würzburger Forschungsergebnisse in 17 Veröffentlichungen niederzulegen. Röntgen stand auf der Höhe seines Lebens und hatte, ebenso wie in Gießen, einen großen Bekanntenkreis, der nicht nur oft Gelegenheit zu wissenschaftlichen Diskussionen gab, sondern auch zu vielen fröhlichen Unternehmungen.

Die Gesundheit Frau Röntgens erlaubte ihr damals noch, an allen Veranstaltungen teilzuhaben, und so wird es verständlich, dass Röntgen und seine Frau in Würzburg die glücklichsten Jahre ihres Lebens verbrachten.

Als Röntgen in Würzburg das Amt des Rektors übernahm, sprach er in seiner Rektoratsrede über den Wert des Experimentes, Er sagte:

"Erst allmählich drang die Überzeugung durch, dass das Experiment der mächtigste und zuverlässigste Hebel ist, durch den wir der Natur ihre Geheimnisse ablauschen können, und dass dasselbe die höchste Instanz bilden muss für die Entscheidung der Frage, ob eine Hypothese beizubehalten oder zu verwerfen sei."

Wenn er auch das Experiment als Prüfstein über alles schätzte, so verlor er sich doch nicht, wie manche Vertreter der experimentellen Richtung der Physik seiner Jahre, im einseitigen Experimentieren und in der bloßen Verbesserung der Technik.

Seine Untersuchungen führten ihn auf die verschiedenartigsten Gebiete der physikalischen Erscheinungen, wobei klar ausgedachtes experimentelles Vorgehen ihn der Lösung eines Problems näherbringen sollte. So ist es auch nicht verwunderlich, dass Röntgen sich bald aufmerksam den Kathodenstrahlversuchen zuwandte, die Lenard in den neunziger Jahren des 19. Jahrhunderts beschrieb.

Röntgens gründliche Art, in ein neues Gebiet einzudringen, veranlasste ihn zunächst, die Experimente zu wiederholen, die andere Wissenschaftler über den betreffenden Gegenstand veröffentlicht hatten. Deshalb schrieb er am 4. Mai 1894 an den siebzehn Jahre jüngeren Kollegen, den Privatdozenten Philipp Lenard, der mit Heinrich Hertz zusammen an der Friedrich-Wilhelm-Universität in Bonn arbeitete:

"Sehr geehrter Herr Doctor! Ich möchte gerne Ihren wichtigen Versuch über Kathodenstrahlen in der freien Atmosphäre etc. sehen und habe mir dazu bei Müller-Unkel einen 'bewährten' Entladungsapparat bestellt.

Für den Bezug der Fensterplättchen fehlt mir aber eine zuverlässige Quelle. Vielleicht haben Sie die Freundlichkeit, mir eine solche per Postkarte anzugeben.

Hochachtungsvoll Ihr ergebener gez. Dr. W. C. Röntgen."

Müller-Unkel war ein Glastechniker in Braunschweig, der Entladungsapparate konstru-

iert hatte, mit denen in den meisten Laboratorien der damaligen Zeit gearbeitet wurde. Diese Entladungsapparate benutzten als Spannungsquelle einen Funkeninduktor, der zum Betrieb eines Gasentladungsrohres diente.

Dieses besteht aus einer beiderseitig geschlossenen Glasröhre von einigen Zentimetern Weite und einer Länge bis zu einem Meter mit eingeschmolzenen scheibenförmigen Elektroden. Seitlich am Rohr ist ein Ansatzstutzen zum Aufsetzen auf eine Luftpumpe angebracht.

Je nach dem Gasdruck in der Röhre erhält man verschiedene Formen der Gasentladungen. Bei sehr hohem Verdünnungsgrad (etwa ab 0,01 Torr) verschwinden die Leuchterscheinungen der Gasentladung, und an der Glaswand, die der Kathode gegenüberliegt, tritt Fluoreszenz auf. Sie wird durch Kathodenstrahlen hervorgerufen, die aus einem Strom von Elektronen bestehen, Lenard konstruierte ein nach ihm benanntes Fenster, das den Elektronen den Austritt aus der evakuierten Röhre in das Freie gestattet. Für ein solches Fenster interessierte sich Röntgen.

Schon am 7. Mai 1894 antwortete Lenard:

"Hochgeehrter Herr Professor!

Die Bezugsquelle für dünne Aluminiumfolie ist auch für mich immer eine Schwierigkeit gewesen, denn die Fabrikanten geben nicht gern ungewöhnliche Dicken ab, oder verwenden doch wenig Sorgfalt auf kleine Partien, so daß die Blätter löchrig ausfallen. Es mangelt mir gegenwärtig auch an einer guten Bezugsquelle. Ich erlaube mir daher, Ihnen zwei Blätter aus meinem kleinen Vorrat zu übersenden. Die Dicke beträgt etwa 0,005 mm ...".

Kurze Zeit darauf lieferte ihm Müller-Unkel auch eine fertige "Kathodenstrahlröhre nach Lenard". Sie kostete 36,50 Mark.

Röntgen konnte nun mit der Wiederholung der Lenardschen Kathodenstrahlversuche beginnen. Schon am 21. Juni 1894 sah er die durch die Kathodenstrahlen ausgelösten Erscheinungen, wie sie Lenard beschrieben hatte. Doch dann unterbrachen seine Verpflichtungen als Rektor der Universität Würzburg seine weiteren Untersuchungen mit dem Lenardschen Apparat.

Neben vielen Verwaltungsfragen, mit denen er sich in dem akademischen Jahr 1894/95 beschäftigte, galt sein Bemühen vor allem der Einrichtung einer Professur für theoretische Physik.

Denn trotz seiner vorwiegend experimentellen Einstellung war es für Röntgen selbstverständlich, dass einwandfreie theoretische Überlegungen der Ausgangspunkt alles experimentellen Bemühens sein müssen. Dabei ist "theoretisch" nicht allein im Sinne von "mathematisch" zu verstehen - Röntgens Arbeiten enthalten kaum höhere mathematische Betrachtungen - als mehr im Sinne von "allgemein logisch".

Wenn auch seine Arbeiten das wissenschaftlich begründete Experiment in den Vordergrund stellen, so pflegte er doch andererseits oft zu sagen:

"Ein Physiker brauche zur Vorbereitung seiner Arbeit drei Dinge: Mathematik, Mathematik und nochmals Mathematik".

Ein Lehrstuhl für theoretische Physik hätte somit Röntgens Arbeitsweise sicher in wertvoller Weise ergänzt, und so sagte er in der schon erwähnten Rektoratsrede:

"Würzburg, das fast allen anderen deutschen Universitäten in der Pflege der Physik vorangegangen war, ist im Augenblick fast die einzige Universität, an welcher nur eine Professur für Physik besteht. Indessen hegen wir die begründete Hoffnung, daß dieser Ausnahmestellung Würzburgs demnächst ein Ende gemacht wird."

Röntgen hat also schon vor seiner großen Entdeckung rege in das Universitätsleben Würzburgs eingegriffen. Als er dann gegen Ende des Jahres 1895 seine Experimente mit dem Funkeninduktor und der Gasentladungsröhre wieder aufnehmen konnte, begann er, die Röhre in einen "ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnem schwarzem Karton" einzuschließen.

Auch Lenard hatte bereits bei einigen seiner Experimente die Röhre in einem Gehäuse aus Zinkblech untergebracht, um die Wirkungen der Kathodenstrahlen im verdunkelten Raum besser zu sehen.

Ähnliche Absichten muss Röntgen gehabt haben, als er seine Hittorff-Crookeschen Röhren, mit denen er gerade experimentierte, mit schwarzem Papier umhüllte. Es war dann wohl bei einem Probeexperiment, spät am Abend des 8. November 1895, als sich Röntgen von der Lichtundurchlässigkeit seiner Röhrenhülle überzeugen wollte, dass nach dem Einschalten des Induktoriums sein Blick plötzlich auf einige hell fluoreszierende Kristalle gelenkt wurde, die in einiger Entfernung von der Röhre auf dem Tische lagen.

Diese Beobachtung, die in keiner der Röntgen bekannten Arbeiten bisher erwähnt worden war, und die ihm, trotz einer gewissen Farbenschwäche, an der er von Jugend auf litt, nicht entging, nahm Röntgen, obwohl sie zunächst relativ unbedeutend war, dennoch als Anregung für die weitere Erforschung dieses Phänomens.

Es gehört ein Wissenschaftler vom Format eines Röntgen dazu, um dieser Kleinigkeit, die vielleicht manch anderer, der sich in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts mit dem aktuell werdenden Gebiet der Gasentladungen beschäftigte, auch gesehen haben mag, sie aber nicht weiter beachtete, dennoch mit Gründlichkeit und Exaktheit nachzuspüren und ihre Ursache zu erforschen.

Immer wieder zweifelte er, ob nicht etwa eine übersehene Undichtigkeit des Kartons die Fluoreszenz der Kristalle verursacht habe, und bemühte sich, alle Fehlerquellen auszuschließen, um die weiteren Wirkungen dieser offensichtlich von der Röhre ausgehenden, aber den Pappmantel durchdringenden Strahlen zu untersuchen. Schließlich wechselte er die Versuchsmethodik, ersetzte die Kristalle durch die Photoplatte und benutzte die Schwärzung der Photoemulsion zum Nachweis der Strahlung. Damit eröffnete er der Forschung eine großartige Perspektive.

Viel ist über den Zufall in der Geschichte der Wissenschaft geschrieben worden, und auch bei Röntgens Entdeckung hat offensichtlich der Zufall eine gewisse Rolle gespielt. Dieser allein aber hätte wohl nie zu der Entdeckung und Untersuchung der Röntgenstrahlen geführt.

Röntgen hat sich vielmehr bewusst mit Arbeiten über Kathodenstrahlen beschäftigt, weil er der Meinung war, dass trotz der Fülle der von vielen Forschern beobachteten Erscheinungen noch viele Zusammenhänge verborgen geblieben waren.

Seine Entdeckung war der Abschluss der Arbeiten einer langen Reihe von Vorgängern, die bei dem Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke begann, der zeigte, wie man ein Vakuum erzeugt, und über viele andere führt, die man die geistigen Ahnen Röntgens nennen könnte, und zu denen Volta, Ampere und Ohm genauso gehören wie Faraday, Hittorff, Crookes, Hertz und schließlich Lenard.

Natürlich war es ein Zufall, dass Röntgen gerade am 8. November 1895 seine Hittorffsche Röhre einschaltete und sein Blick auf die fluoreszierenden Kristalle fiel, und nicht am 12. oder 17. November. Dass er aber seine Untersuchungen durchführte, war einmal die notwendige Folge einer wissenschaftlichen Entwicklung, deren Einzelergebnisse sich nicht immer wie die Perlen auf einer Schnur aneinanderreihen, sondern vielmehr ein weit vermaschtes Netz bilden, ebenso aber auch eine Folge seines Genies, welches die Bedeutung einer anscheinend so nebensächlichen Beobachtung zu erfassen vermochte.

Am 15. Januar 1896 äußerte sich der Philosoph Muensterberg in einem ersten Bericht über Röntgens Entdeckung in der amerikanischen Zeitschrift "Science", Er schreibt:

"... Nehmen wir an, dass der Zufall wirklich eine Rolle spielte. - Es gab viele galvanische Wirkungen in der Welt, ehe Galvani zufällig die Zuckungen des Froschschenkels an dem eisernen Gitter sah. Die Welt ist immer voll solcher Zufälle, aber es gibt nur wenige Galvanis und Röntgen."

Nur selten wird die geschriebene Lebensgeschichte eines Menschen alle die kleinen und großen Ereignisse richtig widerspiegeln, die den Betroffenen veranlassten, so und nicht anders zu handeln.

Auch wenn ein Mensch, im hohen Alter stehend, versucht, seinen eigenen Lebenslauf darzustellen, so wird doch vieles, was der Vergangenheit angehört, nicht mehr so deutlich wie früher, als er es unmittelbar erlebte, in seinem Gedächtnis haften, und manches betrachtet der Mensch aus einem größeren zeitlichen Abstand mit anderen Augen.

Noch größer aber ist die Gefahr der ungewollten Veränderung historischer Tatsachen aus dem Leben eines Menschen, wenn andere versuchen, sein Wirken in der Gesellschaft darzustellen, Sie können sich häufig nur auf schriftliche Überlieferungen stützen, und damit ergibt sich naturgemäß noch leichter die Gefahr der Überbewertung unwesentlicher bzw. des Übersehens wichtiger Ereignisse.

Das alles hat sicher auch seine Richtigkeit bei der Beschreibung des Lebens Wilhelm Conrad Röntgens. Ein Ereignis seines Lebens jedoch wird wohl kein Chronist in seiner Bedeutung sowohl für Röntgens weiteres Leben selbst, als auch für die gesamte Menschheit unterschätzen, nämlich die schon Anfang unserer Darstellung erwähnte Veröffentlichung der experimentellen Untersuchungen des 50jährigen Röntgen über die von ihm entdeckten "X-Strahlen".

Insbesondere war es wohl die hohe Durchdringungsfähigkeit dieser Strahlen, welche die Öffentlichkeit tief beeindruckte.

Papier, Blech, Holz und auch der menschliche Körper stellten keinen merklichen Widerstand für diese unsichtbaren Strahlen dar. Ein Platinblech jedoch vermochte die Strahlung stark abzuschwächen. Bei seinen ersten Experimenten versuchte Röntgen durch eine Tür hindurch zu photographieren, die das Labor, in dem die Entladungsapparatur stand, von dem trennte, in welchem die in der Kasette aufbewahrte Photoplatte lag.

Nach dem Entwickeln bemerkte er Streifen auf dem Negativ, deren Zustandekommen er sich zunächst nicht erklären konnte. Später sagte Röntgen darüber: "Diese Abschattung fiel mir auf, und ich erkannte daran, dass nicht die Absorption durch die ungleichen Holzdicken des Türpfostens das Maßgebende war, sondern eine Oberflächenabsorption des Pfostens. Ich erkundigte mich nach der Art des Türanstrichs und erfuhr, dass derselbe aus Bleiweiß bestand.

Weil Blei für diese Strahlen so schwer durchlässig ist, absorbiert eine in der Richtung der Strahlen verlaufende Bleiweißschicht dieselben beträchtlich mehr als eine senkrecht zu den Strahlen orientierte Schicht."

Am eindrucksvollsten war aber wohl die erste Röntgenaufnahme einer menschlichen Hand. Röntgen hatte die Hand seiner Frau am 22. Dezember 1895 durchleuchtet und photographiert. Schon am 17. Januar 1896 veröffentlichte der Hamburger Physiker Voller zusammen mit einem Bericht über die Entdeckung Röntgens ebenfalls die Röntgenaufnahme einer lebenden Hand in der französischen Zeitschrift "L'Illustration".

Solche und andere Bestätigungen der Röntgenschen Resultate wurden in den ersten Monaten des Jahres 1896 in größerer Zahl bekannt und trugen viel zur Zerstreung der Zweifel bei, die mancher über die Echtheit der Wunderstrahlen anfänglich hegte. Selbst Freunde Röntgens hätten wohl die Echtheit der Bilder bezweifelt, wäre ihnen nicht Röntgens exakte und zuverlässige Arbeit bekannt gewesen.

Gab es auf der einen Seite viele Menschen, die begeistert diese wissenschaftliche Entdeckung aufgriffen, so wurden andererseits aber auch Stimmen laut, die sich ängstlich gegen die Verbreitung der Röntgenschen "Gespensterbilder" wandten. In einem Artikel der Londoner Zeitschrift "The Electrician" konnte man am Schluss lesen:

"Wir stimmen jedoch den Tageszeitungen nicht bei, wenn sie diese Entdeckung als eine 'Revolution in der Photographie' bezeichnen. Es gibt sicherlich nur wenige Leute, die für ein Porträt sitzen wollen, welches 'nur die Knochen und Ringe an den Fingern' zeigt."

Offenbar rührten viele der damals geäußerten Befürchtungen daher, dass man annahm, die Röntgenphotographie sei identisch mit der gewöhnlichen Photographie, nur mit dem Unterschied, dass die Röntgenstrahlen das Innere der Körper zu photographieren gestatten. Man vergaß offenbar dabei die "Lichtquelle", nämlich die Röntgenröhre.

Dieses Missverständnis muss wohl einen Abgeordneten des amerikanischen Staates New Jersey am 19. Februar 1896 dazu geführt haben, im Landtag zu Trenton einen Gesetzesvorschlag einzubringen, "nach dem der Gebrauch von X-Strahlen in Operngläsern im Theater verboten werden soll".

Auch in poetischer und humorvoller Form wandte man sich gegen die Röntgenschen Schattenphotographien, wie z.B. das Gedicht "Stoßseufzer eines Fürchtsamen" aus den Meggendorfer Humoristischen Blättern vom Mai 1896 zeigt. Es beginnt:

Überall Professor Röntgen!
Die Begeist'ung will nicht end'gen,
Mir allein wird bei dem Klange
Dieses Namens schrecklich bange,
Und es faßt mich grauser Schrecken,
Mußte er denn auch entdecken
Die memento-mori-Strahlen?
In den Blättern und Journalen
Und in allen Auslagfenstern
Wimmelt's heute von Gespenstern!

Und endet schließlich:

Darf, soll mich die Furcht nicht lähmen,
Kein Journal zur Hand mehr nehmen,
Und ich fühl's, daß ich zum Schluß
Noch am - Gruseln sterben muß!
- Schreibt sodann auf meine Truhe,
Daß in mir, der ich hier ruhe,
Ward ein Opfer hingerafft
Der modernen Wissenschaft.

Immer wieder muss man staunend feststellen, welche große Aufregung die Röntgensche Entdeckung in den ersten Monaten des Jahres 1896 auslöste. Der Kaiser war durch eine Zeitungsnotiz ebenfalls auf die X-Strahlen aufmerksam geworden, und er ließ sofort bei Röntgen telegraphisch anfragen, ob die in der Zeitung gemachten Angaben zutreffend seien.

Als der Gelehrte ihm dieses bestätigte, ersuchte er ihn, am nächsten Tage nach Berlin zu kommen und persönlich zu berichten. Dort hat Röntgen am 12. Januar 1896 dann seinen ersten Vortrag über die Entdeckung der Strahlen gehalten. Ausgehend von einer Schilderung des Wesens der Geißlerschen Röhren beschrieb er anschließend die Hittorffschen Versuche und erläuterte die Kathodenstrahlen.

Danach ließ er die Zuhörer alle Zweifel des Forschers miterleben und erklärte, wie miss-trauisch er gegen seine eigenen Sinne geworden sei und deshalb das menschliche Auge durch die photographische Platte ersetzt habe.

Anschließend zeigte Röntgen Photographien und demonstrierte die Wirkung der Röntgenstrahlen. Als er nach Würzburg zurückkehrte, ehrten die Studenten der Universität den großen Wissenschaftler durch einen Fackelzug. Die Ansprache, mit der Röntgen dankte, lässt uns erneut seine Bescheidenheit erleben. Er sagte:

"... Während von allen Seiten fast sinnverwirrende Glückwünsche und Ehrenbezeugungen auf mich niederprasselten und unwillkürlich der neue Eindruck zum Teil den alten

verwischte, ist mir immer eine Erinnerung lebendig und frisch geblieben, die Erinnerung an die Freude, welche ich empfand, als meine Arbeit sich entwickelte und ihre Vollendung erreicht hatte.

Es ist die Freude über das Gelingen einer Arbeit und über den gemachten Fortschritt. Diese Freude können Sie alle im Leben genießen, dieses Ziel können und müssen Sie alle erreichen. Das hängt hauptsächlich von Ihnen ab.

Möge diese Freude, diese innere Befriedigung Ihnen allen mehrmals zuteil werden, und mögen die äußeren Umstände sich so gestalten, daß Sie dieses Ziel auf nicht allzu schwierigem Wege erreichen!"

Zahlreiche wissenschaftliche Gesellschaften bemühten sich um den großen Gelehrten. Aber Röntgens Zurückhaltung ließ ihn viele Einladungen ablehnen.

Auch an der großen Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, die 1896 in Frankfurt a. M. stattfand, nahm Röntgen nicht teil, obwohl man ihm den Ehrenvorsitz angetragen hatte.

Nach seinem Vortrag beim Kaiser sprach Röntgen nur noch einmal vor einer größeren Zuhörerschaft am Abend des 23. Januar 1896 in jener denkwürdigen Sitzung der Würzburger Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft über seine Entdeckung.

Einfach und bescheiden dankte Röntgen für den Beifallssturm, mit dem er begrüßt wurde, um danach zu betonen, dass er es des allgemeinen Interesses wegen für seine Pflicht hielt, öffentlich über seine Arbeit zu sprechen, obwohl sich seine Versuche noch im Anfangsstadium befänden. Auch diesmal erläuterte Röntgen seinen Vortrag durch glänzende Demonstrationen.

Schließlich bat er den berühmten Anatomen A. von Kölliker, dessen Hand mit den neuen Strahlen photographieren zu dürfen. Gern kam dieser Röntgens Bitte nach, und als die gelungene Aufnahme den Anwesenden gezeigt wurde, fühlte wohl jeder die Größe dieses Augenblickes.

Der greise Anatom drückte die Empfindung eines jeden aus, als er sagte, dass er in den 48 Jahren seiner Zugehörigkeit zu der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft noch keiner so bedeutungsvollen Sitzung beigewohnt habe und schlug unter dem Beifall der Anwesenden vor, die X-Strahlen in Zukunft Röntgensche Strahlen zu nennen.

Die Ehrungen und Besuche, mit denen Röntgen in dieser Zeit überhäuft wurde, stellten für den zurückhaltenden Forscher eine große Last dar. Seinem Freunde Zehnder schrieb er, dass der ganze Rummel ihn 4 Wochen nicht zu einem einzigen Versuch kommen ließ.

Voll Freude erwähnt er die Anerkennung seiner Arbeit durch Boltzmann, Warburg, Kohlrausch, Lord Kelvin und andere. Gleichzeitig deutet er aber an, dass auch "Neidhämmer" sich über seine Entdeckung ausgelassen hätten.

So erschienen z. B. auch später immer wieder Berichte, die den Präparator Weber als Entdecker der Strahlen nannten, obwohl dieser erst 5 Jahre später mit Röntgen zusammenkam. Auch dem alten Vorlesungsdieners Marstaller wurde die Entdeckung zugeschrieben.

Röntgen habe Versuche gemacht, bei denen ein Kästchen, in dem ein Ring lag, auf

dem Tisch gestanden habe. Eines Morgens habe Röntgen seine Versuchsanordnung betrachtet, und dabei sei er von Marstaller auf ein zufällig in der Nähe gelegenes photographisches Papier aufmerksam gemacht worden, auf dem sich ein Bild des Ringes gezeigt haben soll.

Nun ist bekannt, dass auch schon vor der Entdeckung der Röntgenstrahlen unerklärliche Schwärzungen auf photographischen Platten beobachtet wurden, wenn diese in der Nähe von Kathodenstrahlröhren lagen.

So beobachtete Goodspeed 1890 nach der Vorführung einiger Crookes'schen Röhren bei der Entwicklung von zufällig in der Nähe gelegenen Photoplatten auf einem Negativ zwei runde helle Scheiben. Doch niemand vermochte diese Erscheinung zu erklären. Die Platten wurden weggelegt und vergessen.

Sechs Jahre später, nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen, suchte Goodspeed die Platten wieder hervor, prüfte sie von neuem und wiederholte die damaligen Experimente. Ohne Zweifel hatte er eine "Röntgenaufnahme" gemacht, ohne es zu beachten.

Bei der Vielzahl der Forscher, die sich in jenen Jahren mit Gasentladungen beschäftigten, besteht kein Zweifel, dass schon vor Röntgen oftmals X-Strahlen erzeugt worden sind und man unerklärliche Wirkungen festgestellt hatte.

Keiner dieser Beobachter vermochte aber die Bedeutung solcher Beobachtungen zu erfassen. Dies war Wilhelm Conrad Röntgen vorbehalten.

Solange Röntgen in Würzburg blieb, erregte zwar die Entdeckung der Strahlen bei allen ungeheures Aufsehen, aber die Verhältnisse im alten Freundeskreis wurden davon nicht berührt.

Noch immer war Röntgen der Kollege und Freund, mit dem man wissenschaftlich diskutierte und mit dem man zur Jagd ging.

Von der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg erhielt Röntgen die Ehrendoktorwürde, und 1896 verlieh ihm seine Geburtsstadt Lennep das Ehrenbürgerrecht. Im Mai des gleichen Jahres erfolgte die Ernennung zum korrespondierenden Mitglied der Münchner Akademie, und zur gleichen Zeit modellierte der Berliner Bildhauer R. Felderhoff als erster Röntgens Kopf.

Das Ausland stand all diesen Ehrungen nicht nach. Die Royal Society in London verlieh ihm die goldene Rumfordmedaille und im Jahre 1900 ehrte ihn die New Yorker Columbia-Universität mit der Barnard-Medaille.

Die größte Anerkennung aber wurde dem Gelehrten zuteil, als ihm bei der erstmaligen Verteilung des Nobelpreises der Preis für Physik zuerteilt wurde, den er am 10. Dezember 1901 aus den Händen des schwedischen Kronprinzen persönlich in Empfang nahm.

Gleichzeitig mit Röntgen erhielten Prof. Behring aus Halle, der das Diphtherieserum erfand, und Prof. van't Hoff für seine bahnbrechenden Untersuchungen auf dem Gebiete der chemischen Reaktionskinetik, den Nobelpreis.

Röntgen nahm zwar an dem feierlichen Akt in der Stockholmer Musikakademie teil und dankte auch auf dem anschließenden Bankett mit wenigen Worten für die ihm erwiese-

ne Ehrung, hielt aber keinen Nobelvortrag wie die beiden anderen Preisträger und wie es seitdem üblich geworden ist.

Röntgen legte in seinem Testament fest, dass der Geldbetrag des Preises, es waren 50000 Kronen, der Universität Würzburg zur freien Verwendung der jährlich anfallenden Zinsen zu wissenschaftlichen Zwecken zur Verfügung stehen soll. Leider wurde dieser Geldbetrag, wie auch das persönliche Vermögen Röntgens, durch die Inflation wertlos.

Röntgen, der um die Jahrhundertwende mit soviel Ehrungen und Auszeichnungen überhäuft wurde und in die Reihe der berühmtesten Männer aufrückte, hielt trotzdem Jahr für Jahr seine Vorlesungen über Experimentalphysik. Viele tausend Physiker und Mediziner erfuhren von dem zurückhaltenden und bescheidenen Mann die ersten grundlegenden Kenntnisse der Naturwissenschaft.

Schöne, durchdachte Vorlesungsexperimente unterstützten seinen streng logisch aufgebauten Vortrag, der allerdings denjenigen am meisten bot, die bereits mit einiger Vorbildung in Röntgens Vorlesung kamen und bereit waren, dem großen Entdecker bei seinen nicht immer einfachen Ausführungen zu folgen.

Röntgen hielt keine die Allgemeinheit begeisternden Vorlesungen, sondern sprach mit einer tiefen und weichen Stimme in der nüchternen Art der exakten Naturwissenschaftler. In einer bestechend gründlichen Art und Weise schuf er in München, seiner neuen Wirkungsstätte, ein physikalisches Praktikum, wobei er von seinen Praktikanten selbst bei einfachen Experimenten scharfes Beobachten und genauestes Messen verlangte. Oft brachte er schlecht vorbereitete Studenten durch seine Fragen in nicht geringe Verlegenheit. Im Examen war Röntgen ebenfalls sehr gefürchtet, da er keine Examensfragen stellte, die man einpauken konnte, sondern immer wieder versuchte, festzustellen, ob die Kandidaten den Stoff mit Verständnis verarbeitet hatten.

Mit seiner Übersiedlung nach München im Jahre 1900 trat eine Wende in Röntgens Leben ein. Er vermisste dort nicht nur die geistigen Anregungen, die ihm in seinem Würzburger Freundeskreis zuteil geworden waren, sondern seine Berühmtheit richtete auch eine Mauer um ihn auf, die es ihm, verstärkt durch seine angeborene Zurückhaltung, schwer werden ließ, neue Freunde zu finden.

Gleichzeitig verschlimmerte sich das Leiden seiner Gattin immer mehr, Ihre häufigen Schmerzanfälle erlaubten keine größeren Geselligkeiten, und so trat eine Vereinsamung des großen Mannes ein, dem der Ruf nach München vorausging, dass es schwer sei, mit ihm auszukommen.

Tatsächlich konnte Röntgen mitunter schroff und sogar grob werden, aber vor allem dürfte bei der in München entstandenen Meinung über ihn die Ablehnung des Adels bestimmend gewirkt haben. Der Prinzregent von Bayern, Prinz Luitpold, hatte bereits im Jahre 1896 Röntgen den Kronenorden als Anerkennung für seine wissenschaftliche Entdeckung verliehen. Dieser Orden war mit dem persönlichen Adel verbunden, den Röntgen aus seiner Grundhaltung heraus ablehnte.

In diesen ersten Jahren des 20. Jahrhunderts begann sich leider auch das zunächst

freundliche Verhältnis zwischen Röntgen und Lenard immer mehr zu verschärfen. Wahrscheinlich hat die Verleihung des Nobelpreises an Röntgen diese Veränderung ausgelöst. Lenard erhielt den gleichen Preis erst vier Jahre später. Dessen Verbitterung ging dann soweit, dass er im Alter von über 80 Jahren in einem in seinem letzten Buch angeführten Gleichnis Röntgen als die Hebamme bei der Geburt der Entdeckung bezeichnet, die den Vorzug habe, das Kind zuerst vorzeigen zu können und die nur Unwissende mit der Mutter verwechseln würden.

Es gehört sicher zu einem der tragischsten Ereignisse in der Geschichte der Wissenschaft, dass zwei bedeutende Männer, die durch ihre exakten Forschungen so viel zu der Entwicklung der Physik beitragen durften, im Persönlichen leider nur den Weg zu einem verhängnisvollen Missverstehen fanden.



Abb. 5. Arbeitszimmer Wilhelm Conrad Röntgens



Abb. 6. Das Deutsche Röntgen-Museum in Remscheid-Lennep mit dem Altbau und den jetzt damit verbundenen Neubauten im Hintergrund

In den Münchener Jahren nahm Röntgen seine Experimente über die Kristalle wieder auf und veröffentlichte zum Teil zusammen mit seinem Schüler Joffe, der später durch seine Untersuchungen über die Festkörper bekannt wurde, mehrere Arbeiten.

An seinem Institut wurden aber auch weitere Untersuchungen über die Röntgenstrahlen durchgeführt. Der frühere Präsident der Akademie der Wissenschaften zu Berlin Prof. Dr. W. Friedrich arbeitete über die Intensität und Härteverteilung der Röntgenstrahlen um die Antikathode, und Angerer beschäftigte sich mit der Wärmewirkung bei der Absorption der Röntgenstrahlen.

Im Frühling jedes Jahres aber fuhren die Röntgens nach Cadenabbia, wo sie sich mit den alten Freunden trafen und es meistens Röntgen war, der sich die beabsichtigten Touren ausdachte.

Er richtete es dann so ein, dass seine Frau mit einem Wagen das Wanderziel erreichen und somit teilnehmen konnte. Manche Scherze waren in Cadenabbia an der Tagesordnung.

So ereignete es sich einmal, dass Röntgen, der sehr viel Wert auf eine tadellose Kleidung legte, eines Abends versehentlich mit einem Lackschuh und einem Bergschuh und im Smoking zu einem Diner im Hotel Bellevue erschien.

Dieses Ereignis wurde sofort in Cadenabbia bekannt und gab Gelegenheit zu manchen Witzeleien. Am nächsten Geburtstag erhielt Röntgen dann ein Zwetschgenmännchen im Smoking mit einem Lack- und einem Bergschuh an den Füßen, das er sehr sorgfältig aufbewahrte.

Auch in der Münchener Zeit blieb die Jagd für Röntgen eine Freude und Erholung. Er selbst sagt, dass es von seiner Frau ein ganz feiner Gedanke gewesen sei, die Anschaffung eines Hauses in Weilheim zu veranlassen, welches Röntgen zu einem Jagdhaus ausbaute. Er fühlte sich dort wohl, und gern ging er im bequemen grüngrauen Jagdanzug mit dem alten und schäbigen Jagdhut auf dem Kopf bei Wind und Wetter auf Jagd, ganz im Gegensatz zu seinen sonstigen Gepflogenheiten in der Stadt, wo er seinen großen Stadthut vor jedem Regentropfen bewahrte.

Er stand früh um 4 Uhr auf, um das Erwachen der Vögel zu beobachten, und die Freude an der Morgenstimmung hielt ihn oft davon ab, einen Schuss zu tun.

Manche Universität versuchte in diesen Jahren, Röntgen für sich zugewinnen. Aber er konnte sich nicht entschließen, München zu verlassen.

Der erste Weltkrieg brachte auch in Röntgens bis dahin ruhig verlaufenes Leben große Veränderungen, zumal er bestrebt war, alle durch die Kriegsgesetzgebung geforderten Maßnahmen streng einzuhalten. So ließ er das Gold der ihm verliehenen englischen Rumford-Medaille einschmelzen und verlangte, dass in seinem Haushalt der vorgeschriebene Nahrungsmittelverbrauch eingehalten werde.

Nicht selten kam es zu Verstimmungen, wenn seine Gattin ihm in berechtigter Sorge um seine Gesundheit ein etwas reichlicheres Essen aufstischen wollte. Auch hatte sich Röntgen, im Gegensatz zu Albert Einstein, dazu verleiten lassen, den Aufruf der "93 Intellektuellen", ein chauvinistisches Treuebekenntnis der deutschen Wissenschaftler zur Kriegsführung mit zu unterzeichnen, was er später genauso bedauerte wie die Ablieferung der Rumford-Medaille.

Wie viele Zeitgenossen, so verkannte auch Röntgen auf Grund seiner "wenig ausgebil-

deten" politischen Kenntnisse und Erfahrungen die gesellschaftlichen Zusammenhänge, die zum Ausbruch des ersten Weltkrieges führten. Erst nach Kriegsende wurde ihm bewusst, wie das deutsche Volk von den herrschenden Kreisen in die Irre geführt worden war, und er distanzierte sich später ausdrücklich von der Altdeutschen Partei.

Doch auch die Nachkriegsjahre brachten nicht wieder die Ruhe und Ausgeglichenheit in Röntgens Leben zurück, die ihm in der Würzburger und Münchner Zeit beschieden waren. Schon in das erste Nachkriegsjahr fällt die letzte Krankheit und der Tod von Frau Röntgen.

Nach einer 47jährigen glücklichen Ehe bedeutete ihr Tod einen schweren Verlust für Röntgen.

"Wie war sie stolz auf mich, und doch hat sie sich nicht verleiten lassen, den Ruhm ihres Mannes für sich zu mißbrauchen, wie es manche Frauen tun", schrieb Röntgen an Frau Boveri.

Im Jahre 1920 redigierte Röntgen, gemäß einem Versprechen an seine Frau, seine letzte wissenschaftliche Arbeit. Es war ihm eine große Last, dabei einen Tag am Schreibtisch sitzend zu verbringen, wo ihm doch das Experimentieren auch im hohen Alter noch die größte Freude bereitete.

Röntgen starb am 10. Februar 1923 in seiner Münchner Wohnung an einem Darmkarzinom. Nur 6 Tage vor seinem Tode hatte er ernsthafte Beschwerden, die ihn, der noch eine Reise nach dem sonnigen Sizilien geplant hatte, an das Bett fesselten.

Als dann am letzten Tage die Anzeichen eines Darmverschlusses auftraten, verstarb Röntgen, ehe der herbeigerufene Chirurg Sauerbruch erscheinen konnte.

Die sterblichen Reste des großen Gelehrten ruhen auf dem Friedhof in Gießen.

Obwohl Röntgen erst im Alter von 50 Jahren die Entdeckung der Röntgenstrahlen gelang, war es ihm doch vergönnt, noch zu Lebzeiten die Anwendung der Strahlen wachsen zu sehen. Seine Entdeckung ist aber gleichzeitig ein Beispiel dafür, dass oftmals gar nicht beabsichtigte Forschungsergebnisse der reinen Wissenschaft befruchtend auf die Technik und auf andere angewandte Wissenschaften einwirken können.

Röntgen hat nicht beabsichtigt, Strahlen zu finden, die den menschlichen Körper zu durchdringen vermögen, sondern er freute sich an den schönen Experimenten mit Gasentladungsröhren und stellte sich die Frage nach den Zusammenhängen der vielseitigen Erscheinungen, die schon andere vor ihm beobachtet hatten.

So begann im Jahre 1822 der englische Physiker Davy den Stromtransport durch verdünnte Gase zu untersuchen. Jedermann weiß heute, dass reine trockene Luft einen guten Isolator darstellt.

Deshalb erfolgt kein Stromtransport durch eine unter Atmosphärendruck stehende luftgefüllte Entladungsröhre. Entfernt man jedoch mit einer Saugpumpe die Luft mehr und mehr, so entstehen beim Anlegen einer Spannung im Röhreninneren Entladungserscheinungen, die je nach Gasdruck, Gasart und elektrischer Spannung verschieden aussehen.

Bei Benutzung einer Gleichspannung von mehreren hundert Volt - zu Röntgens Zeiten

diente dazu meistens ein Funkeninduktor, der eine stark unsymmetrische Wechselspannung, lieferte - und einem Gasdruck von einigen Torr bildet sich vor der Kathode eine leuchtende Schicht, das negative Glimmlicht. Zwischen Glimmlicht und Kathode liegt meist ein Dunkelraum.

An das Glimmlicht schließt sich in Richtung auf die Anode hin die positive Säule an, die einen großen Teil des Querschnittes des Entladungsrohres mit einem gleichmäßigen Leuchten erfüllt.

Physiker aus vielen Ländern interessierten sich für diese Gasentladungen. Die voranschreitende Pumpentechnik ermöglichte die Herstellung immer niedrigerer Drücke. Zahlreiche hervorragende Wissenschaftler, zu denen nicht zuletzt ein Philipp Lenard gehörte, leisteten die Vorarbeit, ohne die Röntgens Entdeckung nicht möglich gewesen wäre.

Nach jahrzehntelangen Untersuchungen erkannte man, dass der Stromtransport in verdünnten Gasen in überwiegendem Maße durch die Bewegung der Elektronen zustande kommt. Die aus der Kathode austretenden Elektronen werden durch das elektrische Feld zwischen den Elektroden beschleunigt und stoßen mit den Atomen oder Molekülen der Gasfüllung der Röhre zusammen.

Von einer bestimmten Geschwindigkeit der Elektronen ab gerät das getroffene Atom in einen angeregten Zustand und gibt kurze Zeit danach die aufgenommene Energie als Strahlung ab. Die Menge der dahinfliegenden Elektronen bildet den Kathodenstrahl.

Bereits früh wurde Lenard durch das Problem der Kathodenstrahlen gefesselt, die sich als eine geheimnisvolle Begleiterscheinung der Glimmentladung darstellten und die Hittorff 1869 zuerst erkannt hatte. Später, 1879, bemerkte Crookes, dass die Kathodenstrahlen dort, wo sie auf die Glaswand der Röhre auftreffen, eine gelbe Fluoreszenz verursachen, und er konnte an Hand des Schattenwurfes von Metallplatten, die er im Inneren der Röhre den Kathodenstrahlen in den Weg stellte, ihre geradlinige Ausbreitung beweisen.

Von Anfang an meinte Lenard, man müsse die Kathodenstrahlen aus dem Entladungsraum in das Freie austreten lassen, um sie genauer untersuchen zu können. Ein erster Versuch mit einem Quarzfenster misslang.

1892 zeigte ihm Heinrich Hertz in Bonn, dass dünnste Metallfolien, wie sie die Buchbinder benutzen, im Entladungsraum von Kathodenstrahlen durchdrungen werden. Diese Anregung aufgreifend, glückte Lenard rasch die Konstruktion des genügend stabilen "Lenardschen Fensters" aus Aluminiumfolie, durch das die Strahlen in die freie Atmosphäre gelangen und dort ungestört durch die Gasentladung mit Leuchtschirm, photographischer Platte und später auch elektrisch untersucht werden konnten.

Bedenkt man, dass immer dann, wenn Kathodenstrahlen, also Elektronen, auf ein Hindernis prallen, ihre Bewegungsenergie in die Energie elektromagnetischer Wellen und damit in Röntgenlicht umgewandelt wird, so ergibt sich, wie nahe bereits Lenard der Entdeckung der Röntgenstrahlen war.

Röntgen selbst arbeitete, wie schon gesagt, mit einer Hittorffschen Röhre von einfacher birnenförmiger Gestalt, als er die Strahlen entdeckte. Wenn man dagegen die heutige

moderne Form der Röntgenröhren betrachtet, so ist es immer wieder erstaunlich, dass man bereits mit den ersten Hittorffschen Röhren so hervorragende Resultate erzielte.

Das Streben nach besserer Durchleuchtung des menschlichen Körpers spornte schnell zur Durchbildung wirksamerer Röhrenkonstruktionen an. Die Technik übernahm die Entdeckung des Wissenschaftlers.

Es war besonders ein Herr Müller aus Hamburg, der Besitzer einer elektrischen Zentrale und einer Fabrik für elektrische Glühlampen, der sich mit der Herstellung von Röntgenröhren beschäftigte. Der bedeutende Berliner Orthopäde Prof. H. Gocht erlebte bei C. H. F. Müller zum ersten Male im Februar des Jahres 1896 eine Demonstration der Müllerschen Röntgenröhren.

Vor den Augen des Besuchers ließ ein Glasbläser die Röhren entstehen. Diese ersten Röhren waren noch so gebaut, dass die Kathodenstrahlen von einem Aluminiumplaspiegel ausgingen und auf die gegenüberliegende gewölbte Glaswand fielen.

Von der intensiv fluoreszierenden und sich stark erhitzenden Glaswand gingen die Röntgenstrahlen aus. Mitunter platzten die Röhren bei langen Belichtungszeiten.

Es dauerte geraume Zeit, bis man sich davon überzeigte, dass die Fluoreszenz der Glaswand nicht die Grundlage für die Erzeugung der Röntgenstrahlen war. Obwohl Röntgen schon in seiner ersten Mitteilung über die neuen Strahlen im Abschnitt 13 sagt:

"... Diese Erzeugung findet nicht nur im Glas statt, sondern, wie ich an einem mit 2 Millimeter starkem Aluminiumblech abgeschlossenen Apparat beobachten konnte, auch in diesem Metall ...",

beschäftigten sich viele Untersuchungen damit, festzustellen, ob die Röntgenstrahlen von der Kathode oder Anode ausgingen.

Als die beiden Russen Prinz Galitzine und de Karnojitzky aber die Strahlen einer Hittorffschen Röhre durch eine Blende auf ein mit einer Reihe von parallelstehenden Nägeln gespicktes Brett, unter dem die Photoplatte lag, fallen ließen, erkannte man einwandfrei aus der Schattenbildung der Nägel, dass praktisch alle Strahlen von der Anode ausgingen.

Die Glasfluoreszenz sollte aber für die weitere Entwicklung der Wissenschaft trotzdem eine große Bedeutung erlangen.

Sie diente Becquerel als Anregung für seine Untersuchung der Uranstrahlung und wirkte damit fördernd auf die Entdeckung der anderen radioaktiven Substanzen.

Viele Forscher waren es, die Metall als Anode wählten, und wieder war es bereits Röntgen, der in seiner zweiten Mitteilung über die Strahlen schrieb, dass er seit einigen Wochen mit gutem Erfolg einen Entladungsapparat gebrauchte, "bei dem ein Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode und ein unter 45° gegen die Spiegelachse geneigtes, im Krümmungszentrum aufgestelltes Platinblech als Anode fungiert".

Mit diesen Fokusröhren gelangen wesentlich bessere Aufnahmen. Die Regelung des Vakuums dieser Ionenröhren stellte aber ein weiteres technisches Problem dar, da diese Röhren nach längerem Gebrauch "hart" wurden; d.h., ihr Vakuum verschlechterte sich.

Bei den medizinischen Anwendungen störten weiterhin die langen, für Röntgenaufnahmen erforderlichen Belichtungszeiten. Durch eine Verbesserung der Röhrenkonstruktion allein gelang es jedoch nicht, die Zeiten wesentlich zu verkürzen. Man verringerte deshalb den Abstand von der Röhre, da - wie schon Röntgen erkannt hatte - die Intensität der Röntgenstrahlen umgekehrt proportional zu dem Quadrat der Entfernung von der Röhre abnimmt.

Zu einer wirklichen, nutzbringenden Verkürzung der Belichtungszeit führte der geniale Gedanke, direkt hinter der photographischen Platte einen fluoreszierenden Leuchtschirm anzuordnen. Dabei trifft man wieder, wie so oft bei wichtigen Erfindungen, die Erscheinung, dass an vielen Stellen diese Idee gleichzeitig verwirklicht wurde.

In Italien waren es Batelli und Garbasso, in Frankreich M. C. Henry, in Amerika M. J. Pupin und in England Stroud, die einen "Verstärkungsschirm" beschrieben.

Ab 1911 führte Coolidge die Glühkathode in die Röntgenröhrentechnik ein und gab damit den Röhren die heutige Form. Die Ionenröhrchen der Entdeckerzeit wurden durch die modernen Elektronenröhren abgelöst. Gleichzeitig gestattete die Einführung der Drehanode immer höhere Anodenbelastungen, wodurch sich wiederum eine Verkürzung der Belichtungszeiten ergab.

Bei allen Röntgenröhren jedoch sollte man immer daran denken, dass der Wirkungsgrad der Umsetzung von elektrischer Energie in die Energie der Röntgenstrahlen sehr klein ist. Nur etwa 1% der kinetischen Energie der Elektronen wird in Strahlenenergie umgesetzt, der Rest tritt als Wärmeenergie in Erscheinung.

Eine der wichtigsten Fragen war die nach dem Wesen der Röntgenstrahlung. Bereits in seiner ersten Mitteilung beschrieb Röntgen ihre geradlinige Ausbreitung. Er hat auch nach Interferenzerscheinungen gesucht, allerdings ohne Erfolg.

Die naheliegende Vermutung, dass die Strahlen ultraviolettes Licht seien, konnte er nicht bestätigen, da keine merkliche Brechung zu beobachten war. Allerdings fand er, dass eine Art von Verwandtschaft zwischen den neuen Strahlen und den Lichtstrahlen zu bestehen schien. Deshalb glaubte Röntgen zunächst, die neuen Strahlen longitudinalen Schwingungen im Äther zuschreiben zu müssen.

Es ist schwer, sich heute, so viele Jahre nach der Entdeckung der Strahlen, die Schwierigkeiten der Forscher des Jahres 1896 vorzustellen, die versuchten, das Wesen der Röntgenstrahlen zu erfassen. J.J. Thomson drückte sicher die Ansicht vieler Gelehrter der damaligen Zeit aus, wenn er schreibt:

"Obgleich kein direkter Beweis dafür vorliegt, dass die Röntgenstrahlen eine Art Licht sind, muss man doch sagen, dass die Strahlen keine Eigenschaften besitzen, die nicht auch in den verschiedenen Lichtarten vorhanden wären".

Vor allem war es noch nicht gelungen, die Beugungserscheinungen mit Röntgenstrahlen nachzuweisen, obwohl sich sofort nach der Entdeckung viele Forscher darum bemühten. Das Auftreten von Beugungen hätte sofort die Wellennatur der Strahlen bewiesen.

Doch auch in seiner dritten Mitteilung über die Strahlen muss Röntgen feststellen:

"Seit dem Beginn meiner Arbeit über X-Strahlen habe ich mich wiederholt bemüht,

Beugungserscheinungen mit diesen Strahlen zu erhalten, aber ich habe keinen Versuch zu verzeichnen, aus dem ich mit einer genügenden Sicherheit die Überzeugung von der Existenz einer Beugung der X-Strahlen gewinnen könnte".

Es muss für Röntgen ein erregender Augenblick gewesen sein, als sein Kollege von Laue ihn 1912 in das Sommerfeldsche Institut bat, um sich einige X-Strahlenbilder anzuschauen, die seine Assistenten Friedrich und Knipping auf seinen Vorschlag hin gemacht hatten und die sie für Beugungsbilder hielten.

Über 15 Jahre lang hatten Röntgen und viele seiner Kollegen intensiv aber erfolglos an diesem Problem gearbeitet. Eines Abends holte sich P. P. Ewald, ein Assistent Sommerfelds, bei von Laue eine Auskunft über den Abstand der Atomebenen in Kristallen. Mit seiner Antwort verband von Laue plötzlich die Gegenfrage:

"Könnten diese Minimalabstände zwischen den Atomebenen in Kristallen für Röntgenstrahlen nicht das gleiche tun, wie die gewöhnlichen Gitter es für Licht tun, vorausgesetzt, dass die vermutliche Wellenlänge der X-Strahlen dieselbe ist wie der Gitterabstand der Kristallebenen?".

Friedrich, der damals Assistent bei Sommerfeld war, und Knipping, ein Student mit gerade beendeter Doktorarbeit, begannen sofort die einfache Apparatur aufzubauen, mit der ihnen die erste Beugungsaufnahme von Röntgenstrahlen an einem Kupfersulfatkristall gelang. Es war die von Friedrich vorgeschlagene, sehr lange Belichtungszeit, welche zum Erfolg führte, Röntgen ließ sich von Friedrich sehr genau die benutzte Apparatur beschreiben und prüfte die Aufnahme.

Schließlich gratulierte er Friedrich und Knipping zu ihrem Experiment und sagte: "Aber Interferenzerscheinungen sind das nicht. Die sehen anders aus".

Doch bald musste Röntgen einsehen, dass Friedrich und Knipping tatsächlich mit ihrer Apparatur die Beugung der Röntgenstrahlen an einem Kristallgitter bewiesen hatten. Die Vermutung, die von Laue ausgesprochen hatte, konnte bestätigt werden. Gleichzeitig war die Wellennatur der Röntgenstrahlen demonstriert worden.

Als dann auch ihre Polarisation gelang, war es evident, dass die Röntgenstrahlen transversale Lichtwellen sehr kleiner Wellenlänge darstellen, die man in das weite Spektrum der elektromagnetischen Wellen einzuordnen hat, das von den Rundfunkwellen mit etwa 100 Meter Wellenlänge über das sichtbare Licht mit Wellenlängen um 0,0006 Millimeter und über das Röntgenlicht mit etwa 0,0000001 Millimeter Wellenlänge bis zu dem als Gammastrahlen bezeichneten, besonders kurzwelligen Röntgenlicht reicht, welches nicht in Röntgenröhren erzeugt wird, sondern beim radioaktiven Zerfall entsteht.

Eine für die weitere Anwendung der Röntgenstrahlen in Biologie, Biophysik und Medizin sehr wichtige physikalische Eigenschaft war die Fähigkeit dieser Strahlen, ionisierend zu wirken.

Bereits am 3. Februar 1896 berichteten L. Benoist und D. Hurmuzescu der Pariser Akademie der Wissenschaften, dass Röntgenstrahlen ein aufgeladenes Goldblattelektroskop zu entladen vermögen. Auch Röntgen beschrieb diese Erscheinung in seiner zweiten Mitteilung vom 9. März 1896.

Er bemerkte dazu, dass ihm diese Eigenschaft schon zur Zeit seiner ersten Mitteilung bekannt gewesen sei. Der russische Physiker Borgmann von der St. Petersburger Universität schickte Anfang Februar des gleichen Jahres an den Herausgeber des Londoner "Electrician" folgendes Telegramm:

"Röntgenstrahlen entladen schnell positive und negative Elektrizität ..."

Die Fähigkeit der Röntgenstrahlen, die Moleküle der Luft zu ionisieren, lieferte dann bald die Grundlage der heutigen Dosimetrie, ohne die eine exakte Röntgentherapie unmöglich wäre.

Physiologische Wirkungen der Strahlen waren zunächst kaum vorauszusehen. Deshalb bestand auch keine Veranlassung, sich besonders dagegen zu schützen. Röntgen hat allerdings von Anfang an seine Experimente in einer großen Zinkkiste durchgeführt. Dabei verstärkte er die Seite der Kiste, die nach der außen stehenden Röhre wies, sehr bald mit Blei.

Diese Maßnahmen waren zwar nur als Sicherheitsmaßnahmen gedacht, um seine photographischen Platten vor unbeabsichtigter Bestrahlung zu schützen, jedoch boten diese Vorrichtungen auch gleichzeitig einen Schutz gegen die Einwirkung der Strahlen auf Röntgen selbst.

Leider verwendeten aber viele der anderen Strahlenforscher jener Zeit keine Abschirmungen gegen die Strahlen. Deshalb traten schon sehr bald Strahlenschädigungen auf, die zunächst nicht immer den Röntgenstrahlen zugeschrieben wurden und damit auch nicht sofort die nötige Beachtung fanden.

Doch am 3. Oktober 1896 beschrieb der Glasgower Radiologe J. McIntyre schwere Schädigungen seiner Hand, die durch lange Bestrahlungszeiten verursacht worden waren. Auch der Arzt Hawks, der einige Wochen lang radiographische Demonstrationen veranstaltete, bemerkte zunächst ein kaum auffälliges Trockenwerden der Haut. Bald verstärkte sich diese Erscheinung und glich einem starken Sonnenbrand.

Einen Einblick in den Verlauf einer Strahlenschädigung gab der Selbstversuch des amerikanischen Erfinders und Forschers Elihu Thomson. Er bestrahlte den kleinen Finger seiner linken Hand, den er dicht an die Platinanode einer damaligen Röntgenröhre hielt, eine halbe Stunde lang.

Erst nach einer Woche begann sich der Finger zu röten, schwoll an und wurde stoß- sowie druckempfindlich. Als merkwürdig bezeichnet Thomson die lange Zeitdauer zwischen Strahlungseinwirkung und dem Auftreten einer sichtbaren Schädigung. Er schreibt dann weiter:

"Es ist nicht unangebracht, die Experimentatoren zu warnen, nicht mehr als einen Finger den Strahlen auszusetzen. Eine ungefähr 5stündige Bestrahlungszeit bei 6 Zoll Abstand sollte durchaus genügen, und diese Zeit sollte unter keinen Umständen überschritten werden, man wird sonst sein leichtfertiges Vorgehen bedauern, wenn es zu spät ist."

Damit machte Thomson nicht nur andere Forscher auf die Gefahren der Röntgenstrahlen aufmerksam, sondern gab auch bereits im Jahre 1896 erste "Strahlenschutznormen". Doch entweder wurden diese und zahlreiche andere Beschreibungen sehr schwerwie-

gender Röntgenstrahlenwirkungen nicht genügend verbreitet oder von manchen der früheren Forscher nicht beachtet.

Daher beklagt die Wissenschaft 359 Forscher, Ärzte, Physiker, Röntgentechniker, Laboranten und Krankenschwestern, die als Pioniere der Radiologie ihr Leben ließen im Dienste der Wissenschaft und zum Wohle ihrer Mitmenschen.

Trotz unserer auch heute noch begrenzten Kenntnis von der Wirkung einer niedrigen Strahlenbelastung auf Tiere und die beinahe nicht vorhandene Kenntnis der Wirkung kleinerer Strahlendosen auf den Menschen gelang es doch, die zulässige Strahlenbelastung der mit Strahlen arbeitenden Menschen so niedrig festzulegen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Strahlenschädigung von Einzelpersonen vernachlässigt werden kann.

Röntgens Entdeckung befruchtete nicht nur in bisher einmaliger Weise die Medizin und bereicherte die Methoden der Diagnostik und Therapie, gestattete die heutige Einrichtung eines Volksröntgenkatasters und gab Möglichkeiten für die Behandlung der bösartigen Geschwülste, sondern führte auch in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts in Deutschland zu der Schaffung eines der wichtigsten Teilgebiete der Biophysik, nämlich der Biophysik der Strahlenwirkungen durch Dessauer, Friedrich, Schreiber u.a.

Nicht zuletzt verdanken wir diese rasche Entwicklung der großzügigen Einstellung Röntgens, der seine Entdeckung der Allgemeinheit überließ und keinen persönlichen Vorteil daraus zog. Dr. Max Levy, der von der AEG beauftragt war, an Röntgen heranzutreten und mit ihm einen Vertrag abzuschließen, wonach Röntgen seine künftigen Erfindungen und Entdeckungen unter gewissen Bedingungen der AEG überlassen sollte, schreibt, dass Röntgen keinesfalls die Vorteile einer Zusammenarbeit mit einem so großen Unternehmen verkannte, aber der guten Tradition deutscher Professoren entsprechend, seine Entdeckung der Allgemeinheit überlassen wollte.

Welches wertvolle Patent hätte Röntgen auf seine Entdeckung erhalten können. Mit seinem Verzicht jedoch hat er es ermöglicht, dass zahllose Experimentatoren sich ungehindert durch Patente und Lizenzen mit diesem Gegenstand beschäftigen konnten und damit die Wissenschaft zu bereichern vermochten.

Schon frühzeitig wurden die Röntgenstrahlen auch für nichtmedizinische Zwecke angewendet. So hatte Röntgen bereits in seiner ersten Mitteilung Untersuchungen geschweißter Metallstücke und von Gussstücken vorgeschlagen, um Materialfehler erkennen zu können.

Im Jahre 1896 machten das österreichische und das deutsche Kriegsministerium auf die Anwendung dieser Methode zur Auffindung von Gussfehlern in Kanonen und Panzerplatten aufmerksam, so dass leider auch die Entdeckung der Röntgenstrahlen, wie viele andere ihrem Wesen nach humanistische Leistungen, zu militaristischen Zwecken missbraucht wurde.

Überall in der ganzen Welt ehrt man heute den großen Wissenschaftler Conrad Röntgen durch Denkmäler, Museen und Bibliotheken. Besonders aber seine Geburtsstadt Lennep, die 1929 an Remscheid angegliedert wurde, ehrt ihren großen Sohn durch das 1930 dort eingerichtete Deutsche Röntgen-Museum, welches in einem der schönsten

Patrizierhäuser Lenneps untergebracht wurde.

1937 erfolgte die erste Erweiterung des Museums durch den Bau einer Halle, an die sich der zweite, 1959 beendete Neubau anschloss.

An zahlreichen Beispielen, angefangen mit der heute so primitiv anmutenden Apparatur des Entdeckers bis zu den modernsten Röntgenanlagen unserer Zeit, vermag der Besucher immer wieder die großartige Entwicklung noch einmal an sich vorüberziehen zu lassen, welche Wilhelm Conrad Röntgen durch seine Entdeckung an jenem Novemberabend des Jahres 1895 auslöste.

Röntgens wissenschaftliche Veröffentlichungen

1. Über die Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen der Luft. Ann. Phys. u. Chem, 141 (1870) 552.
2. Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck zu derjenigen bei konstantem Volumen für einige Gase. Ann. Phys u. Chem. 148 (1873) 580.
3. Über das Löten von platinieren Gläsern. Ann. Phys. u. Chem. 150 (1873) 331.
4. Über fortführende Entladungen der Elektrizität. Ann. Phys. u. Chem. 151 (1874) 226.
5. Über eine Variation der Senarmontschen Methode zur Bestimmung der isothermen Flächen in Kristallen. Ann. Phys. u. Chem. 151 (1874) 603.
6. Über eine Anwendung des Eiskalorimeters zur Bestimmung der Intensität der Sonnenstrahlung (mit Exner). Wien. Ber. 69 (1874) 228.
7. Über das Verhältnis der Querkontraktion zur Längsdilatation bei Kautschuk. Ann. Phys. u. Chem, 159 (1876) 601.
8. A telephonic alarm. Nature (Lond.) 17 (1877) 164.
9. Mitteilung einiger Versuche aus dem Gebiet der Kapillarität. Ann. Phys. u. Chem., N.F. 3 (1878) 324.
10. Über ein Aneroidbarometer mit Spiegelablesung. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 4 (1878) 305.
11. Über eine Methode zur Erzeugung von Isothermen auf Kristallen. Z. Krist. 3 (1878) 17.
12. Über Entladungen der Elektrizität in Isolatoren. Göttinger Nachr. 1878, S. 390.
13. Nachweis der elektromagnetischen Drehung der Polarisationssebene des Lichtes im Schwefelkohlenstoffdampf (mit Kundt). Münch. Ber. 8 (1878) 546.
14. Nachtrag zu 13. (mit Kundt). Münch. Ber. 9 (1879) 30.
15. Über die elektromagnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Gasen (mit Kundt). Ann. Phys. u. Chem., N. F. 8 (1879) 278.
16. Über die von Herrn Kerr gefundene neue Beziehung zwischen Licht und Elektrizität. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 10 (1880) 77.
17. Über die elektromagnetische Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Gasen. 2. Abhandlung (mit Kundt). Ann, Phys. u. Chem., N. F. 11 (1880) 771.
18. Über die durch Elektrizität bewirkten Form- und Volumenänderungen von dielektrischen Körpern. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 11 (1880) 771.
19. Über Töne, welche durch intermittierende Bestrahlung eines Gases entstehen. Ann. Phys. u. Chem., N.F. 12 (1881) 155.
20. Versuche über die Absorption von Strahlen durch Gase nach einer neuen Methode

ausgeführt Ber. d. Oberhess. Ges. f. Nat. u. Heilk. 20 (1881) 52.

21. Über die durch elektrische Kräfte erzeugte Änderung der Doppelbrechung des Quarzes. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 18 (1883) 213.

22. Bemerkungen zur Abhandlung des Herrn A. Kundt: Über das optische Verhalten des Quarzes im elektrischen Feld. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 19 (1883) 319.

23. Über die thermo-, aktino- und piezo-elektrischen Eigenschaften des Quarzes. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 19 (1883) 513.

24. Über einen Vorlesungsapparat zur Demonstration des Poiseuilleschen Gesetzes. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 20 (1883) 268.

25. Über den Einfluss des Druckes auf die Viskosität der Flüssigkeiten, speziell des Wassers, Ann. Phys. u. Chem., N. F. 24 (1884) 519.

26. Neue Versuche über die Absorption von Wärme durch Wasserdampf. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 23 (1884) 259.

27. Versuche über die elektromagnetische Wirkung der dielektrischen Polarisation. Math. u. Naturw. Mitt. a. d. Sitzungsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 89 (1885).

28. Über Kompressibilität und Oberflächenspannung von Flüssigkeiten (mit Schneider). Ann. Phys. u. Chem., N. F. 29 (1886) 165.

29. Über die Kompressibilität von verdünnten Salzlösungen und die des festen Chlornatriums (mit Schneider). Ann. Phys. u. Chem., N. F. 31 (1887) 1000.

30. Über die durch Bewegung eines im homogenen elektrischen Feld befindlichen Dielektrikums hervorgerufene elektrodynamische Kraft. Math. u. Naturw. Mitt. a. d. Sitzungsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-mat. Kl., 7 (1888).

31. Über die Kompressibilität des Wassers (mit Schneider). Ann. Phys. u. Chem., N. F. 33 (1888) 644.

32. Über die Kompressibilität des Sylvin, des Steinsalzes und der wässrigen Chlorkaliumlösungen (mit Schneider). Ann. Phys. u. Chem., N. F. 34 (1888) 5341,

33. Über den Einfluss des Druckes auf die Brechungsexponenten von Schwefelkohlenstoff und Wasser (mit Zehnder). Ber. d. Oberhess. Ges. f. Nat. u. Heilk. 28 (1888) 58.

34. Elektrische Eigenschaften des Quarzes. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 39 1889 16.

35. Beschreibung des Apparates, mit welchem die Versuche über die elektrodynamische Wirkung bewegter Dielektrika ausgeführt wurden. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 40 (1890) 93.

36. Einige Vorlesungsversuche, Ann. Phys. u. Chem., N. F. 40 (1890) 109.

37. Über die Dicke von kohärenten Ölschichten auf der Oberfläche des Wassers. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 41 (1890) 321.

38. Über die Kompressibilität von Schwefelkohlenstoff, Benzol, Äthyläther und einigen Alkoholen. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 44 (1891) 1.

-
39. Über den Einfluss des Druckes auf die Brechungsexponenten von Wasser, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Äthyläther und einigen Alkoholen (mit Zehnder). Ann. Phys. u. Chem., N. F. 44 (1891) 24.
40. Über die Konstitution des flüssigen Wassers, Ann. Phys. u. Chem., N. F. 45 (1892) 91.
41. Kurze Mitteilungen von Versuchen über den Einfluss des Druckes auf einige physikalische Erscheinungen. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 45 (1892) 98.
42. Über den Einfluss der Kompressionswärme auf die Bestimmung der Kompressibilität von Flüssigkeiten. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 45 (1892) 560.
43. Verfahren zur Herstellung reiner Wasser- und Quecksilberoberflächen. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 46 (1892) 152.
44. Über den Einfluss des Druckes auf das galvanische Leistungsvermögen von Elektrolyten. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen., Math.-phys. Kl. 1893, S. 505.
45. Zur Geschichte der Physik an der Universität Würzburg. Würzburg 1894.
46. Notiz über die Methode zur Messung von Druckdifferenzen mittels Spiegelablesung. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 51 (1894) 414.
47. Mitteilung einiger Versuche mit einem rechtwinkligen Glasprisma. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 52 (1894) 589,
48. Über den Einfluss des Druckes auf die Dielektrizitätskonstante des Wassers und des Äthylalkohols. Ann. Phys. u. Chem., N. F. 52 (1894) 593.
49. Über eine neue Art von Strahlen. Sitzungsber. physik.-med. Ges. Würzburg 1895,
50. Eine neue Art von Strahlen, 2. Mitteilung. Sitzungsber. physik.-med. Ges. Würzburg-1896.
51. Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen. Math. u. naturw. Mitt. a. d. Sitzungsber. preuß. Akad. Wiss. Physik.-math. Kl. 1897.
52. Erklärung. Physik. Z. 5 (1904) 168.
53. Über die Leitung der Elektrizität in Kalkspat und über den Einfluss der X-Strahlen darauf. Sitzungsber. bayer. Akad. Wiss., Math.-physik. Kl. 37 (1907) 113.
54. Friedrich Kohlrausch. Sitzungsber. bayer. Akad. Wiss., Math.-physik. Kl. 40 (1910) 26.
55. Bestimmung des thermischen linearen Ausdehnungskoeffizienten von Cuprit und Diamant. Sitzungsber. bayer. Akad. Wiss., Math.-physik. Kl. 42 (1912) 381.
56. Über die Elektrizitätsleitung in einigen Kristallen und über den Einfluss der Bestrahlung darauf (mit Joffe). Ann. Physik. IV. 41 (1913) 449.
57. Pyro- und Piezo-elektrische Untersuchungen. Ann. Physik. IV. 45 (1914) 737.
58. Über die Elektrizitätsleitung in einigen Kristallen und über den Einfluss einer Bestrahlung darauf (mit Joffe). Ann. Physik. IV. 64 (1921) 1.

Literatur über Röntgen

Debye, P., Röntgen und seine Entdeckung, Deutsches Museum, Ak. Ber. 1934.

Dessauer, F., Wilhelm C. Röntgen, Frankfurt/Main 1951.

Glasser, O., Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958.

v. Laue, M., Zum Gedächtnis Wilhelm Conrad Röntgens. Naturwiss. 33 (1946) 5. 3.

Mendel, G., Neue Dokumente von und über Wilhelm Conrad Röntgen, in: NTM Beiheft, Leipzig 1964.

Bildquellenverzeichnis

Deutsches Röntgen-Museum Remscheid-Lennep: 1, 2, 5

G. Feth, Remscheid: 3, 4, 6