

Röntgen als Mensch und Forscher

zum 105. Geburtstag Röntgen's.

Von W. Hanle.

Am 27. März 1845 erblickte Wilhelm Conrad Röntgen in Lennep im Bergischen Land das Licht der Welt. Sein Vater war Tuchfabrikant und Kaufmann. Seine Mutter stammte aus Amsterdam. Dadurch hatte die Familie enge Beziehungen zu Holland und siedelte später auch dorthin über. So brachte Röntgen seine Jugendjahre in Holland zu, zuerst in Apeldoorn, später in Utrecht, wo er das Gymnasium besuchte. Wegen eines Jugendstreiches eines Mitschülers, dessen Namen zu nennen er sich weigerte, wurde er von der Schule relegiert, bereitete sich privat auf das Abitur vor und fiel infolge Mißgunst der verärgerten Lehrer durch. Ohne Abitur konnte er auf keiner deutschen oder holländischen Universität studieren. Er besuchte zunächst die Maschinenbauschule in Apeldoorn und dann das Polytechnikum in Zürich. Die Betonung der technischen Seite der Wissenschaft sagte ihm jedoch nicht zu. Einerseits suchte er den Ausgleich in der von der Natur verschwenderisch ausgestatteten Umgebung von Zürich, wo See und Berge alle nur erdenklichen Möglichkeiten der Entspannung boten; andererseits fühlte er sich immer mehr zur reinen Physik hingezogen, wie sie ihm etwa in den Vorlesungen von Clusius dargeboten wurde. Dennoch beschloß er sein Studium als Maschineningenieur 1868 durch Ablegung des Diplomexamens. Entwas später trat dann durch die Berufung von Prof. Kundt an das Züricher Polytechnikum der entscheidende Wendepunkt seines Lebens ein. Kundt, jedem Naturwissenschaftler durch die Kundt'schen Staubfiguren bekannt, zog ihn vollends ganz zur Physik. Er begann in Kundts Laboratorium mit experimentellen Arbeiten, machte am 22. Januar 1869 seinen Doktor und veröffentlichte 1870 seine erste Arbeit in Poggendorfs Annalen, „Über das Verhältnis der spezifischen Wär-

men der Luft.“ Dieser Titel klingt unscheinbar, aber derjenige, welcher sich etwas eingehender mit den Meßmethoden der Physik beschäftigt hat, weiß, wie große Vorsicht die auf **Clement-Desormes** zurückgehende Methode zur Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmen erfordert. **Röntgen** wird heute als der geniale Entdecker und Erforscher der Röntgenstrahlen gefeiert. Weniger bekannt ist, daß Röntgens große Stärke die physikalische Messung war. Dies schätzte **Kundt** besonders an **Röntgen**, und als er einem Rufe nach Würzburg folgte, nahm er ihn als Assistenten mit. Röntgen wollte sich in Würzburg habilitieren. Dies war jedoch ohne Abitur nicht möglich. Erst als **Kundt** wiederum einem Rufe folgend nach Straßburg übersiedelte und Röntgen mitnahm, konnte sich dieser dort 1874 habilitieren.

Schon nach drei Jahren erhielt Röntgen seine erste Berufung und zwar an die Landwirtschaftliche Hochschule in Hohenheim. Dort indessen fühlte er sich nicht wohl, besonders da er nur sehr beschränkte Möglichkeiten zum Experimentieren hatte. Daher kehrte er schon im nächsten Jahr wieder nach Straßburg als Extraordinarius für theoretische Physik zurück. Damals beschäftigte er sich mit der magnetischen und elektrischen Beeinflussung des Lichtes. Er veröffentlichte eine Arbeit über die magnetische Drehung der Polarisationssebene in Gasen und suchte nach einer noch nicht bekannten elektrischen Beeinflussung der Lichtfortpflanzung. Schon damals war er nahe daran, eine bedeutende Entdeckung zu machen. Eine in den Strahlengang des Lichtes gestellte Glasplatte zeigte eine Doppelbrechung, wenn an sie ein elektrisches Feld gelegt wurde. War dies die gesuchte elektrische Beeinflussung der Lichtfortpflanzung? Oder war die Doppelbrechung nur durch mechanische Vorspannungen verursacht? Ehe **Röntgen** entscheiden konnte, ob es sich um einen reellen Effekt oder um einen Störeffekt handelte, veröffentlichte **Kerr** die gleiche Beobachtung. Sie wurde jedoch von anderen Forschern als Störeffekt angesprochen. Aber **Kerr** ließ nicht locker und fand auch in Flüssigkeiten eine Doppelbrechung bei Anlegung eines elektrischen Feldes. Dies war nun eindeutig eine elektrische Beeinflussung der

Lichtfortpflanzung, die unter dem Namen Kerreffekt in die Geschichte der Physik eingegangen ist. Röntgen konnte die Entdeckung Kerrs bestätigen und weitere Einzelheiten veröffentlichen. Die Priorität der Entdeckung hatte natürlich Kerr.

1879 erhielt Röntgen die Berufung auf das Ordinariat der Experimentalphysik nach Gießen als Nachfolger des verstorbenen Professors Buff. Die Laboratoriumsverhältnisse waren zuerst schlecht, ließen sich aber durch einige Anbauten des Kollegiengeländes verbessern. In Gießen stellte sich Röntgen die Aufgabe, die von Maxwell vorausgesagte magnetische Wirkung des sogenannten Verschiebungsstromes nachzuweisen. Daß ein stromdurchflossener elektrischer Leiter ein magnetisches Feld erzeugt, war bekannt. Wird der Draht unterbrochen, so bildet sich ein elektrisches Feld zwischen den Enden aus. Bringt man einen Körper dazwischen, so verschieben sich in ihm elektrische Ladungen. Dieser Verschiebungsstrom erzeugt ein magnetisches Feld. Diesen kleinen aber für die Theorie ungemein wichtigen Effekt konnte Röntgen exakt messen. Diese Ströme heißen seither Röntgenströme. Die Arbeit wurde 1885 durch Helmholtz der Berliner Akademie der Wissenschaften vorgelegt. In Gießen fand Röntgen einige seiner treuesten Freunde. Gerne zog er mit ihnen hinaus in die schöne Umgebung Gießens. In den folgenden Jahren erhielt Röntgen drei Rufe nach Jena, Utrecht und Würzburg. Die beiden ersten lehnte er ab und siedelte 1888 nach Würzburg über, als Nachfolger von Friedrich Kohlrausch.

In den ersten Würzburger Jahren beschäftigte sich Röntgen zunächst mit dem Einfluß des Druckes auf die verschiedenen Körperigenschaften und mit dünnen Oberflächenschichten im Hinblick auf die Molekularkräfte. Ein Zweig der Physik wurde in dieser Zeit stark bearbeitet, der Durchgang der Elektrizität durch Gase. Solche Gasentladungen spielen ja heute in der Technik eine große Rolle, z. B. bei der Höhensonne, den Radoröhren, Gleichrichtern und Reklamelichtquellen. Damals wurden erst die Grundlagen von Physikern wie Lenard, Crookes, Hittdorf und anderen erforscht. 1895 begann auch Röntgen sich mit diesem Gebiet zu beschäftigen. Dabei machte er am 8. November 1895 die

Entdeckung, daß von solchen Gasentladungsröhren eine neuartige Strahlung ausging. Er hüllte eine nahezu luftleer gemachte Röhre mit schwarzem Papier lichtdicht ein. Legte er nun eine hohe Spannung an zwei in die Röhre eingeschmolzene Metalle, so beobachtete er ein Aufleuchten eines in der Nähe aufgestellten Fluoreszenzschirmes (Bild 3). Die Fluoreszenz konnte nicht von der Entladung selbst herrühren, da das Papier weder für Licht noch für die Entladungsteilchen, die Kathodenstrahlen, durchlässig war. Es mußte also eine besondere Strahlung sein, die er X-Strahlung nannte. Er fand, daß sie von dort ausging, wo die Kathodenstrahlen auf ein Hindernis auftrafen. Die Strahlen schwärzten die photographische Platte. Sie gingen durch leichte Stoffe, z. B. das Fleisch des menschlichen Körpers, gut hindurch und wurden von schwereren Stoffen wie die Knochen verschluckt. Hielt man die Hand zwischen Entladungsröhre und Fluoreszenzschirm oder Photoplatte, so zeichneten sich die Knochen als Schatten ab. Bild 4 zeigt eine der ersten Röntgenaufnahmen einer „Hand“. Damit war es möglich, das Knochengüst und im menschlichen Körper eingeschlossene Fremdkörper durch Durchleuchtung mit diesen Strahlen zu beobachten. So wurden die von Röntgen entdeckten Strahlen ein wichtiges Hilfsmittel für die Medizin.

Röntgen reichte die erste Veröffentlichung über seine Entdeckung am 28. Dezember 1895 ein. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen erregte sofort größtes Aufsehen. Schon im Januar 1896 führte er dem Kaiser in Berlin seine neuen Strahlen vor und trug in der Physikalischen-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg über seine Entdeckung vor. Damals machte der Anatom Exzellenz von Koelliker den Vorschlag, die X-Strahlen Röntgenstrahlen zu nennen.

In Kürze kursierten die merkwürdigsten Ideen über die Röntgenstrahlen. Viele unangenehme Befürchtungen rührten daher, daß man zuerst dachte, die Röntgenphotographie sei identisch mit der gewöhnlichen Photographie, nur mit dem Unterschied, daß die Röntgenstrahlen auch durch feste Körper dringen und gestatten, das Innere der Körper zu photographieren. Eine Firma bot den Verkauf von X-Strahlensicherer Unterwäsche an, und auf einem

Landtag wurde ein Gesetzentwurf eingebracht, wonach der Gebrauch von X-Strahlen in Operngläsern im Theater verboten sein sollte.

Röntgen schlug alle von auswärts an ihn kommenden Bitten, über seine Entdeckung vorzutragen, ab. Eine große Rolle in der Öffentlichkeit zu spielen, lag in seinem bescheidenen Wesen nicht. 1901 wurde ihm als erstem Physiker der Nobelpreis der Physik verliehen, die größte Ehrung, die einem Wissenschaftler zuteil werden kann.

Wie jedem großen Entdecker wurde auch Röntgen die Priorität seiner Entdeckung streitig gemacht. Es wurde behauptet, eigentlich habe nicht er, sondern sein Gehilfe die neuartige Erscheinung zuerst gesehen und ihn darauf aufmerksam gemacht. Diejenigen, die solchen Meinungen nachgehen, übersehen, daß meist große Entdeckungen das Ergebnis langjähriger Arbeiten oder Gedanken sind. So hat sich Röntgen lange vor seiner Entdeckung intensiv mit Gasentladungen beschäftigt und wäre ohne genaue Kenntnis dieses Gebietes sicher an der neuartigen Erscheinung vorübergegangen. Doch auch Wissenschaftler von Ruf haben ihn angefeindet. Im Grunde genommen konnten solche Anfechtungen ihm nichts anhaben. Zeigt doch auch die ganze weitere Entwicklung, daß er nicht nur der geniale Entdecker, sondern auch der große Erforscher dieses von ihm eröffneten neuen Gebietes war. Schon wenige Monate nach der Entdeckung am 9. 3. 1896 reichte er eine Fortsetzung seiner 1. Mitteilung ein. Sie enthielt unter anderem die Ionisation der Gase durch Röntgenstrahlen. Die Moleküle der Luft werden von den Röntgenstrahlen in elektrisch geladene Teile zerlegt. Die Luft wird dadurch elektrisch leitend. Im nächsten Jahre folgte eine 3. und 4. Mitteilung. Er fand, daß die Strahlung aus einem Gemisch besteht, das wesentlich von der an der Röhre angelegten Spannung abhängt, im heutigen Sprachgebrauch ausgedrückt, die Härte der Strahlen hängt von der Spannung ab. Viele Jahre wurden nach diesen ersten Arbeiten Röntgens keine wesentlich neue Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenkunde von anderer Seite erzielt.

1905 folgte Röntgen einem Rufe nach München. Dort griff

er ein neues Arbeitsgebiet auf, die elektrische Leitfähigkeit von Kristallen. Trotz all der Ehrungen, mit welchen er nach seiner Entdeckung überhäuft wurde, führte er ein bescheidenes Leben. Den ihm angetragenen Adel lehnte er ab. Geselligkeiten im kleinen Kreis liebte er sehr. Er war ein eifriger Jäger. Mit seiner Gattin, mit welcher er innig verbunden war, verbrachte er jeden Sommer und solange es möglich war, auch einige Tage im Winter in den Bergen, zumeist im herrlichen Engadin. Bis ins hohe Alter war er, wie auch heute noch die meisten Physiker, ein begeisterter Alpinist. Er erlebte noch den 1. Weltkrieg und schied 1920 aus seinem Lehramt aus. Durch Krieg und Nachkriegsverhältnisse stark mitgenommen starb er am 10. Februar 1923. Seine Asche ist im Familiengrab seiner Eltern auf dem Alten Friedhof in Gießen beigesetzt.

Die Röntgenkunde wurde zu einem eingehend bearbeiteten Zweig der Physik, der Technik und der Medizin. Röntgen hat es noch erlebt, daß die Natur der von ihm entdeckten Strahlen eine exakte Klärung durch **Max v. Laue** fand. Läßt man einen fein ausgeblendeten Röntgenstrahl durch einen Kristall hindurchgehen, so entsteht auf einer dahinter aufgestellten photographischen Platte ein Beugungsbild. So wie Licht an den Strichen eines auf eine Glasplatte geritzten Gitters werden Röntgenstrahlen an den im Kristall regelmäßig angeordneten Atomen oder Ionen gebeugt. Durch Überlagerung der Röntgenwellen entsteht das auf der photographischen Platte beobachtete Beugungsbild. Damit war erwiesen, daß die Röntgenstrahlung eine Wellenstrahlung ist, ähnlich wie das Licht, nur von kleinerer Wellenlänge. Aus der Beugungsfigur kann man einerseits die Struktur des Kristalls und andererseits die Wellenlänge der Röntgenstrahlen entnehmen. Ihre Größenordnung beträgt 1 Millionstel Millimeter. Aus dieser Entdeckung entwickelte sich die Spektroskopie der Röntgenstrahlen und die Erforschung der Kristallstrukturen. Die Röntgenstrahlen erweiterten den Bereich der bekannten elektromagnetischen Wellen um mehrere Größenordnungen über die der Lichtwellen hinaus.

Wie das Licht haben auch die Röntgenstrahlen Wellen- und Quanteneigenschaft. Sie bestehen aus kleinsten, nicht weiter teil-

baren Energiepartikelchen, Quanten genannt. Die Quanten haben Energie und Impuls wie bewegte Korpuskeln. Wird ein Röntgenquant an einem Elektron gestreut, so erhält dieses Impuls und kinetische Energie, welche dem Röntgenquant entzogen wird. Dadurch ändert sich die Wellenlänge des Röntgenstrahls. Elektron und Röntgenquant fliegen nach verschiedenen Richtungen auseinander. Dieser „Comptoneffekt“, das Billardspiel zwischen Röntgenquanten und Elektronen, illustriert besonders eindrucksvoll den Quantencharakter der Strahlung.

Die Röntgenstrahlen wurden zu einem der wichtigsten Hilfsmittel für die Erforschung des Aufbaus der Materie. Einen beträchtlichen Teil unserer heutigen Kenntnisse vom Atombau verdanken wir den Untersuchungen der Wechselwirkung zwischen den Röntgenstrahlen und der Materie.

Es ist nicht ganz leicht, sich 50 Jahre zurückzusetzen in den damaligen Stand der Wissenschaft und die Gedankengänge der Forscher dieser Zeit. Wir können uns vielleicht am besten ein Bild machen, wenn wir die Situation nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen vergleichen mit der heutigen Situation in der Physik der höheren Atmosphäre und der Höhenstrahlenphysik. Ebenso wie die Entdeckung der Röntgenstrahlen eine große Überraschung für die Physik vor einem halben Jahrhundert war, hat auch die Untersuchung der von außen auf die Erde einfallenden, von Sonne und Kosmos kommenden und in der Erdatmosphäre umgesetzten Strahlung zu überraschenden Ergebnissen geführt. Die Erforschung dieser Strahlung ist zu einem Hauptarbeitsgebiet der Physik geworden, an welchem sich auch das Physikalische Institut der Gießener Hochschule beteiligt. Besonders interessiert die kosmische Ultrastrahlung. Eine große Zahl neuer Strahlungskomponenten korpuskularer Natur wurde in jüngster Zeit entdeckt, worunter das Meson eine Sonderstellung einnimmt, eine Korpuskel, die ebenso wie Elektron und Atomkern elektrisch geladen ist, deren Masse aber zwischen der des Elektrons und der Atomkerne liegt. Die Mesonenforschung hat heute die gleiche Bedeutung wie etwa die Röntgenstrahlungsforschung vor einigen Jahrzehnten.

Der Aufbau der Atome ist durch die elektischen Bindungskräfte

der elektrischen Felder zwischen den Elektronen und Kernen gegeben. Eine Änderung der Bindung ist mit einer Energieänderung verknüpft. Wird dabei Energie frei, so kann sie als Quant einer elektromagnetischen Welle, als Licht- oder Röntgenquant ausgestrahlt werden. Wird ein schnelles Elektron, ein sog. Kathodenstrahl, in der Materie (der Antikathode einer Röntgenröhre) gebremst, so kann der Verlust an Bewegungsenergie direkt als Röntgenquant ausgestrahlt werden. Man spricht dann von (Röntgen-) Bremsstrahlung. Bei einer stärkeren Wechselwirkung der Kathodenstrahlen mit der Materie (der Antikathode einer Röntgenröhre) werden die Bindungskräfte der Elektronen in den Atomen beansprucht und die Bewegungsenergie der Kathodenstrahlen in Bindungsenergie der Atome umgesetzt, und diese wird dann als Röntgenquant abgestrahlt. So kommt die sog. Eigenstrahlung zustande. Aus der Wechselwirkung der Röntgenstrahlen mit der Materie konnte man rückwärts wichtige Schlüsse auf die Bindungskräfte in der Elektronenhülle ziehen, die zu unseren heutigen Kenntnissen vom Atombau geführt haben. Dies war die große Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Atomistik.

Heute suchen wir nun auch nach etwas Entsprechendem für den Kernbau. Im Atomkern wirken außer den elektrischen Kräften noch spezielle sog. Kernkräfte. Daß man mit den elektrischen Kräften nicht allein auskommt, sieht man leicht ein, wenn man bedenkt, daß sich die Atomkerne aus positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen zusammensetzen, die elektrischen Kräfte im Kern also nur abstoßend wirken können. Man braucht daher noch spezielle Kernkräfte, welche die Bausteine der Kerne zusammenhalten. So wie für die Elektronenhülle eine Korrelation zwischen den elektrischen Bindungskräften und den Quanten, oder mit anderen Worten eine Korrelation zwischen dem elektrischen Feld der Elektronenhülle und dem elektromagnetischen Feld der ausgesandten Welle besteht, ebenso besteht für den Atomkern eine Korrelation zwischen den Kernkräften, welche die Bausteine, die Protonen und Neutronen der Kerne zusammenhalten, und den Mesonen. Ganz analog wie bei der Bremsung eines Elektrons an der Elektronenhülle eines Atoms ein Röntgenquant entstehen

kann, ganz entsprechend kann bei der Bremsung eines Kernteilchens beim Zusammenstoß mit einem anderen Kern ein Meson entstehen. Das Meson ist gewissermaßen das Quant des Kernfeldes. Hieraus erhellt die Bedeutung der Mesonenforschung für die Theorie des Atomkerns.

Fast noch wichtiger als für die Physik selbst wurden die Röntgenstrahlen für die Technik und Medizin. Kaum eine Entdeckung hat so viele bedeutsame Anwendungen gefunden wie die Röntgenstrahlen.

Die erste technische Anwendung fanden sie durch ihre Absorption. Z. B. kann man mit Hilfe von Röntgenstrahlen Hohlräume und Risse im Metallinnern finden. An solchen Stellen werden die Röntgenstrahlen weniger geschwächt. Auch zur Gemäldeprüfung kann ihre Absorption dienen. Aus der Beugung der Röntgenstrahlen kann man die Struktur der Stoffe, ihren Aufbau aus Atomen und Ionen, Faser- und Walzstruktur, Rekristallisationsvorgänge u. a. m. entnehmen.

Über die Anwendung der Röntgenstrahlen in der medizinischen Diagnostik wurde schon gesprochen. Es gibt kaum einen Menschen in der zivilisierten Welt, bei welchem nicht schon eine Röntgendurchleuchtung gemacht worden ist, entweder um seinen Gesundheitszustand zu prüfen oder einen versteckten Krankheitsherd zu finden und damit erst die Möglichkeit zur Einleitung einer Behandlung zum Zwecke der Heilung zu schaffen. Eine zweite medizinische Anwendung fanden die Röntgenstrahlen schon kurze Zeit nach ihrer Entdeckung in ihrer therapeutischen Wirkung auf krankhafte Gewebe, z. B. Krebs, und wurden so zu einem der wichtigsten Heilmittel für die Menschheit.

Diejenigen, welche glauben, daß in der heutigen Notzeit die Hochschulen eine zu große finanzielle Belastung für den Staat seien, mögen bedenken, was eine solche Entdeckung wie die der Röntgenstrahlen für den Staat und die ganze Welt bedeutet. Die Röntgenstrahlen haben überall Eingang gefunden in die Laboratorien, in die Krankenhäuser und Kliniken. Aus einer aus rein ideellen Gründen angestellten Forschungsarbeit ist ein eminent

wichtiger Zweig der Technik und größter Segen für die gesamte Menschheit entsprungen.

Röntgen's Werk ist unvergänglich und zugleich eine Mahnung für uns alle. Die Tatsache, daß Röntgen hier 10 Jahre sein erstes Ordinariat hatte und hier auf dem alten Friedhof seine letzte Ruhestätte gefunden hat, ist für uns Ehre und Verpflichtung. Heute Morgen haben wir in großer Dankbarkeit an seinem Grabe den Kranz der Hochschule niedergelegt und gelobt, sein Vermächtnis zu hüten, ihm nachzustreben, liebevoll die Natur zu beobachten, sie zu erforschen, ihre Geheimnisse abzulauschen und die gewonnenen Erkenntnisse zum Nutzen und Wohle der Menschheit anzuwenden. Wir haben gelobt, alles zu tun, damit die große Tradition unserer Hochschule fortlebe, ihre Kriegswunden zu heilen, ihr die geistigen und materiellen Grundlagen zu verschaffen, damit sie wieder in die Lage komme, ihre hohe Aufgabe zu erfüllen, die man nicht besser charakterisieren kann als durch die denkwürdigen Worte Röntgen's in seiner Würzburger Rektoratsrede aus dem Jahre 1894: „Die Universität ist eine Pflanzschule wissenschaftlicher und geistiger Bildung, eine Pflegestätte idealer Bestrebungen für die Studierenden sowohl als für die Lehrer. Ihre Bedeutung als solche steht weit höher als ihr praktischer Nutzen.“