

7. Röntgenstrahlung

Die ersten Nobelpreise wurden im Jahre 1901 verliehen. Im Fach Physik erhielt ihn Wilhelm Conrad Röntgen für seine Entdeckung einer neuen Strahlung, die heute Röntgenstrahlung genannt wird ("in recognition of the extraordinary services he has rendered by the discovery of the remarkable rays subsequently named after him"). Wie oft in den Wissenschaften handelte sich es dabei um eine Zufallsentdeckung. Auch wenn sie aus der Sicht der Grundlagenforschung vielleicht nicht so bedeutend war, sind ihre praktischen Anwendungen, vor allem im medizinischen Bereich, auch heute noch sehr bedeutsam und unverzichtbar. Es gibt wohl kaum jemanden, der nicht schon mehrfach mit dieser Strahlung "durchleuchtet" wurde.

7.1 Erzeugung von Röntgenstrahlung

Am 8. Nov. 1895 wurden die Röntgenstrahlen in Würzburg entdeckt. Röntgen experimentierte wie viele Physiker seiner Zeit mit Gasentladungsröhren. Das sind Glasröhren, die man auspumpen kann, und worin zwei Metallkontakte eingeschmolzen sind, an die man eine Spannung anlegen kann.

Versuch: Gasentladung

In ein Glasgefäß, das auf eine Vakuumpumpe aufgesetzt wird, sind zwei durchbohrte Metallplatten eingesetzt, die mit den beiden Polen eines Hochspannungsgeräts verbunden werden. Wird bei einer Spannung von ca. 6 kV die Luft aus der Röhre herausgepumpt, so beginnt bei einem bestimmten Unterdruck der Stromfluss, begleitet von verschiedenen Leuchterscheinungen. Bei noch geringerem Druck verschwindet der größte Teil der Leuchterscheinungen wieder und übrig bleibt ein grünliches Fluoreszieren des Glases in der Nähe des Pluspols (der Anode) und am zugehörigen Ende des Gefäßes. Diese vom Minuspol, der Kathode, ausgehenden Strahlen, die sog. Kathodenstrahlen, lassen sich leicht im Feld eines Magneten ablenken.

Die bei genügend hohen Spannungen in der Röhre auftretende "Entladung" ist vergleichbar mit einem Blitz, der eine Gewitterwolke mit der Erde verbindet. Bei einer Entladung, so wissen wir heute, werden Elektronen frei, die elektrische Ladung durch den Raum transportieren. Wenn sie auf ihrem Weg auf Gasmolekülen treffen, entsteht Licht wie bei einem Blitz. Pumpet man die Entladungsröhre weiter aus, so werden die Lichteffekte entsprechend reduziert. Um auch das verbleibende Licht zum Verschwinden zu bringen, dunkelte Röntgen bei seinen Versuchen die Röhre durch schwarzes Papier ab. Zufällig stand neben seiner Versuchsanordnung ein fluoreszierender Schirm aus Bariumplatinzyanid, der aufleuchtete, wenn in der vollständig abgedunkelten Röhre eine Gasentladung stattfand. Der Schirm leuchtete sogar dann noch auf, wenn seine Rückseite der Röhre zugewandt war. Damit hatte Röntgen eine Strahlung entdeckt, die bei Gasentladungen erzeugt wird und die für Licht undurchlässige Materialien durchdringen kann. Bald hatte er einige Eigenschaften dieser X-Strahlen, wie er sie nannte, erforscht, u.a. die Eigenschaft, dass man in einer durchstrahlten Hand die Knochen sichtbar machen konnte.

Noch heute erzeugt man Röntgenstrahlen in ähnlich gebauten Röhren, sog. Röntgenröhren, deren Prinzip in Abb. 7.1 dargestellt ist: In eine evakuierte Glasröhre sind zwei Metallelektroden, Kathode und Anode, eingeschmolzen. Die Kathode ist heizbar, so dass dort durch Glühemission Elektronen freigesetzt werden, während die Anode häufig mit Wasser gekühlt wird. Im Betrieb sind die beiden Elektroden an ein

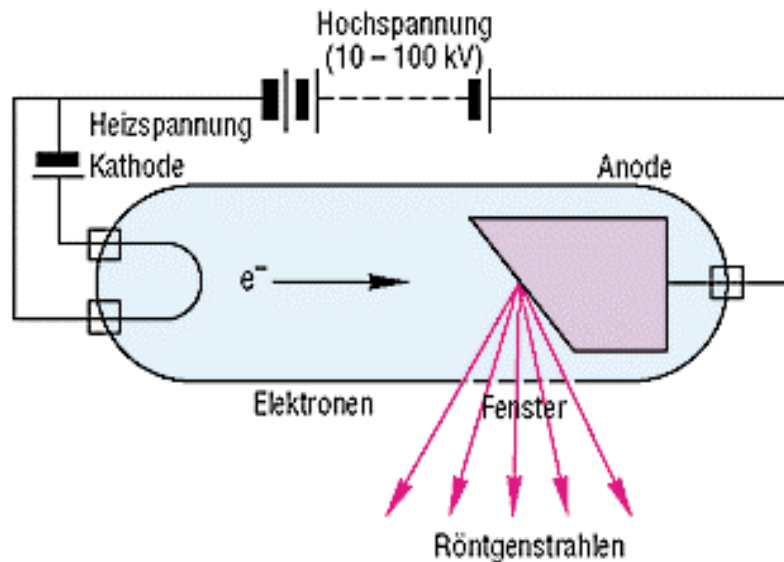


Abb. 7.1: Prinzip der Erzeugung von Röntgenstrahlung

Hochspannungsgerät angeschlossen, wobei die Kathode mit dem Minuspol, die Anode mit dem Pluspol verbunden ist. Die angelegten Spannungen sind beträchtlich, sie reichen von einigen Tausend zu etwa 100000 Volt. Die Elektronen, die aus der Kathode austreten, werden zur Anode hin beschleunigt, schlagen dort mit großer Energie auf und werden abgebremst bzw. abgelenkt. Dabei wird die Röntgenstrahlung ausgesandt. Die Emission von Röntgenstrahlung kann man physikalisch als umgekehrten Photoeffekt betrachten. Beim Photoeffekt wird die Energie der Photonen in kinetische Energie der Elektronen umgewandelt, während in der Röntgenröhre die kinetische Energie der Elektronen – teilweise oder vollständig – in Strahlungsenergie umgesetzt wird. Die Energie der Röntgenquanten ist gleich der Differenz der Energien des Elektrons von dem Auftreffen auf die Anode (E_{kin}) und nach der Abbremsung bzw. Ablenkung in der Anode (E'_{kin}).

$$h \cdot f = E_{\text{kin}} - E'_{\text{kin}}$$

Je höher die angelegte Spannung ist, desto höher ist die Energie E_{kin} der Elektronen und je effektiver die Abbremsung wirkt (also je kleiner die Restenergie E'_{kin}), desto größer ist die Energie der Photonen und desto kleiner die Wellenlänge der Strahlung - man sagt auch, desto "härter" ist die Strahlung.

Ein anderer Mechanismus zur Erzeugung von Röntgenstrahlung ähnelt dem der Lichterzeugung in leuchtenden Gasen und Dämpfen: Angeregte Atome emittieren Strahlung, wenn sie spontan in einen niedriger angeregten Zustand zurückfallen. Die Art der emittierten Strahlung, z.B. Licht oder Röntgenstrahlung, hängt ab von der Energie, die beim Übergang frei wird. In allen Fällen erhält man allerdings ein Linienspektrum, während die Abbremsung von Elektronen zu kontinuierlicher Röntgenstrahlung führt. Da unsere Augen für Röntgenstrahlung nicht empfindlich sind, benutzt

man Photoplatten oder Filme, speziell präparierte Schirme, Zählrohre oder Halbleiterzähler, um diese Strahlen nachzuweisen.

7.2 Wellenlängenbestimmung

Röntgenstrahlen kann man wie das sichtbare Licht und die Radiostrahlung als elektromagnetische Wellen beschreiben. In der letzten Stunde haben wir gezeigt, dass elektromagnetische Wellen der Frequenz f aus Energiepaketen der Größe $E = h \cdot f$ bestehen und dass im Falle des sichtbaren Lichts diese Quanten oder Photonen Energien von etwa 2 eV besitzen. Da Röntgenröhren mit Spannungen zwischen ca. 10 kV und 100 kV betrieben werden, haben die Röntgenquanten eine ca. 5000 bis 50000 mal höhere Energie als Lichtquanten. Daraus folgt für die Wellenlängen, die umgekehrt proportional zu den Energien E der Quanten sind ($\lambda = h \cdot c / E$), dass Röntgenquanten entsprechend kleinere Wellenlängen haben, die im Bereich zwischen 0,01 nm und 0,1 nm liegen. Damit ergibt sich die Frage, wie man solch kleine Wellenlängen messen kann. Ein Doppelspalt, wie wir ihn zur Bestimmung der Wellenlänge des Laserlichts verwendet haben, ist aus mehreren Gründen dazu nicht geeignet:

- Die Strahlung würde die dünne Aluminiumfolie durchdringen.
- Die Röntgenstrahlen sind nicht einfarbig (monochromatisch).
- Die Maxima und Minima lägen so dicht beieinander, dass man sie nicht mehr unterscheiden könnte.

Die dargestellten Probleme kann man in den Griff bekommen durch eine ähnliche Methode, wie sie auch zur Wellenlängenmessung im Bereich des sichtbaren Lichts Anwendung findet. Man misst die Wellenlängen durch Beugung und Interferenz am Gitter. Das ist zunächst einmal eine Anordnung aus vielen gleichbreiten Spalten in jeweils gleichem Abstand, der sog. Gitterkonstante g . Man kann jedoch auch Reflexionsgitter benutzen, bei denen eine spiegelnde Oberfläche in gleichen Abständen durch Rillen unterbrochen ist. Eine solche Anordnung ist auf jeder CD realisiert. Aus diesem Grunde wird zunächst einmal ein Gitterspektrum von Laserlicht mit einer CD aufgenommen.

Versuch: Beugung und Interferenz von Laserlicht am Reflexionsgitter einer CD

Schickt man das rote Licht eines He-Ne-Lasers senkrecht auf das Reflexionsgitter einer CD ($g = 1,6 \mu\text{m}$), so sieht man außer dem direkt reflektierten Strahl rechts und links zwei weitere Maxima. Dies sind – ähnlich wie beim Doppelspalt – die Interferenzmaxima 1. und 2. Ordnung, die beim Gitter sehr schmal und weit voneinander getrennt sind und deren Lage von der Wellenlänge abhängig ist. Letzteres wurde dadurch gezeigt, dass zusätzlich der Strahl eines grünen Laserpointers auf die CD gerichtet wurde.

Für entsprechende Experimente mit Röntgenstrahlung braucht man Gitter mit einer 1000 bis 10000 mal kleineren Gitterkonstante, die jedoch technisch nicht herstellbar sind. Doch was die Technik nicht schaffen kann, ist oft für die Natur kein Problem. Es gibt einfach aufgebaute Kristalle wie z.B. Kochsalz (NaCl) oder Lithiumfluorid (LiF), in denen die einzelnen Bausteine, die Ionen, sehr regelmäßig angeordnet sind. Aus den Atommassen der Bestandteile und aus der Dichte des Kristalls kann man den Abstand der einzelnen Ionen berechnen. Er beträgt für NaCl 283 pm = 0,283 nm und für LiF 201 pm = 0,201 nm. Damit bieten Kristallgitter die Möglichkeit, Wellenlängenmessungen von Röntgenstrahlung mit Erfolg durchzuführen. Die einfachste Methode,

bei der ein regelmäßig gewachsener großer Kristall, ein sog. Einkristall, benutzt wird, wurde von William Henry Bragg und seinem Sohn William Laurence entwickelt. Hierbei wird die Röntgenstrahlung von verschiedenen zueinander parallelen

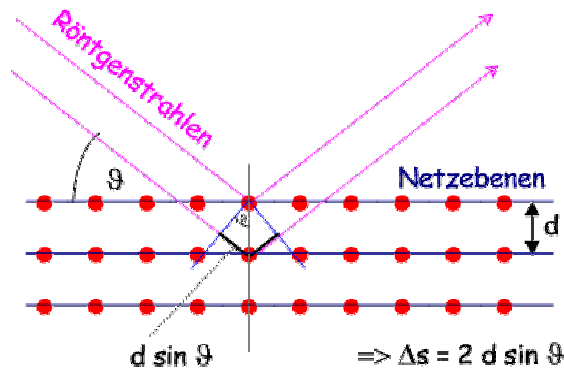


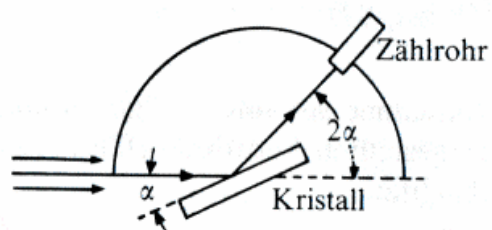
Abb. 7.2: Skizze zur Herleitung der Bragg-Bedingung. Interferenzmaxima erhält man für diejenigen Einfallswinkel ϑ , für die der Gangunterschied $\delta = \Delta s$ zwischen den beiden betrachteten Strahlen ein Vielfaches der Wellenlänge λ ist

Netzebenen des Kristalls reflektiert. Dabei haben im Wellenbild die verschiedenen Anteile der Strahlung einen vom Einfallswinkel abhängigen Gangunterschied δ (siehe Abb. 7.2). Nur für diejenigen Einfallswinkel ϑ , für die δ ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ ist, ergibt sich konstruktive Interferenz, nur dort haben wir also Intensitätsmaxima. Dies ist die Braggsche Bedingung für die sog. Glanzwinkel ϑ :

$$\delta = 2 d \sin \vartheta = k \lambda, \text{ wobei } k = 1, 2, \dots \text{ die Ordnung angibt.}$$

Um diese zunächst theoretisch erhaltene Bedingung experimentell nachzuprüfen, muss man mit monochromatischen Röntgenstrahlen arbeiten und die Intensität der reflektierten Strahlung in Abhängigkeit vom Einfallswinkel ϑ messen. Hierbei ist darauf zu achten, dass Einfalls- und Reflexionswinkel jeweils gleich groß eingestellt werden müssen. Der Nachweis der Strahlung geschieht mit einem Zählrohr, dessen Rate ein Maß für die Intensität der Strahlung ist. Da die massive Röntgenröhre nur schwer drehbar gelagert werden kann, dreht man den Kristall und das Zählrohr so, dass die Reflexionsbedingung erfüllt ist.

Abb. 7.3: Schematischer Aufbau eines Drehkristallspektrometers. Die Röntgenstrahlen fallen von links ein.



Versuche: Aufnahme von Röntgenspektren mit einem Drehkristallspektrometer

Zunächst wurde die Braggsche Bedingung experimentell nachgeprüft. Die hierzu notwendige monochromatische Strahlung wurde durch eine Zirkonfolie als "Farbfilter" hergestellt. Der Kristall bestand aus Lithiumfluorid, die Spannung betrug etwa 42 kV. Die gleichzeitige Drehung von Kristall und Zählrohr geschah mit Hilfe eines Motors und eines 1:2 untersetzten Getriebes. Gemessen wurden die Zählrate R und eine für den jeweiligen Winkel charakteristische Spannung U in Abhängigkeit von der Zeit. Die Messwertaufnahme geschah mit dem System CASSY, so dass die Darstellung der Ergebnisse

relativ einfach war. Das Ergebnis bestätigte die theoretische Vorhersage. Ähnlich wie bei der Interferenz des sichtbaren Lichts am Reflexionsgitter erkannte man die Interferenzmaxima 0., 1. und 2. Ordnung.

Anschließend wurde das Spektrum von ungefiltertem Röntgenlicht aufgenommen. Die Messung wurde bis auf den fehlenden Farbfilter genauso wie die erste durchgeführt. Das Spektrum zeigt nun mehrere Anteile (siehe Abb. 7.4):

1. den direkten Strahl,
2. einen breiten Berg, das. sog. Bremsstrahlkontinuum, dessen Quanten durch die Abbremsung bzw. Ablenkung der Elektronen in der Anode entstanden sind. Dieses Kontinuum beginnt jedoch nicht bei 0° , sondern bei einem kleinsten Streuwinkel von etwa 4° , was dadurch bedingt ist, dass die Röntgenquanten maximal die Energie der in der Röhre beschleunigten Elektronen haben können.
3. Zwei sog. charakteristische Linien, die für das Anodenmaterial charakteristisch sind. Sie entstehen durch Übergänge in den inneren Schalen des Anodenmaterials. Dies wird dadurch möglich, dass die in der Röntgenröhre beschleunigten Elektronen soviel Energie besitzen, dass sie einzelnen Elektronen aus inneren Schalen herausschlagen können. Die freien Plätze werden aus höheren Schalen wieder besetzt, wodurch die charakteristische Strahlung entsteht.

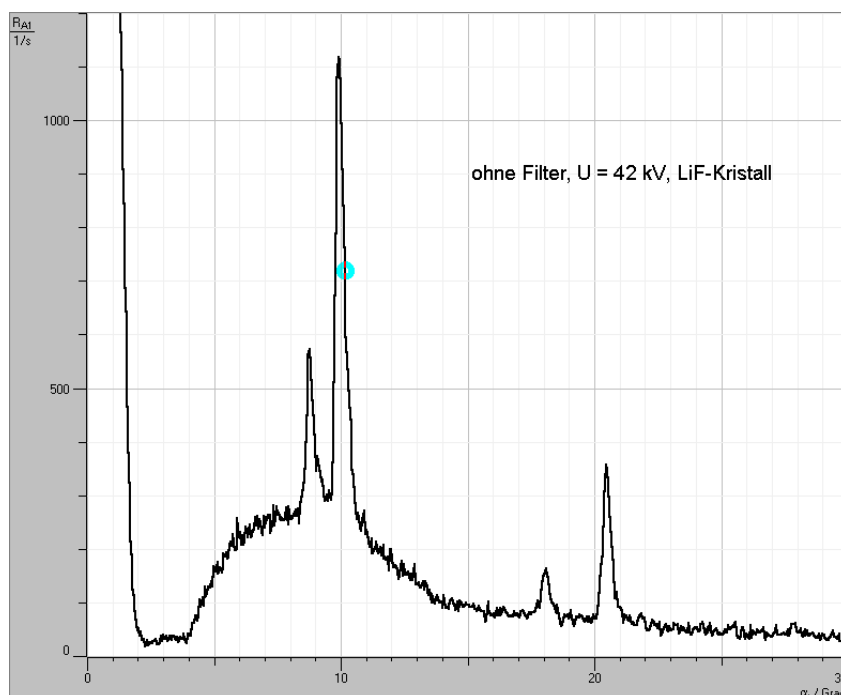


Abb. 7.4: Spektrum von ungefilterter ("weißer") Röntgenstrahlung. Außer dem direkten Strahl (links) und dem Bremsstrahlkontinuum sind 2 charakteristische Linien in erster und zweiter Ordnung zu sehen.

Schon bald nach ihrer Entdeckung fand die Röntgenstrahlung viele Anwendungen in Medizin und Technik sowie in verschiedenen Zweigen der Grundlagenforschung. Im folgenden werden hierzu einige Beispiele vorgestellt.

7.3 Röntgenstrahlen als Diagnosemittel in der Medizin

Da Röntgenstrahlen "härter" als Licht sind, können sie auch in solche Objekte eindringen, ja sie eventuell sogar durchdringen, bei denen Licht schon an der Oberfläche absorbiert wird. Beim Durchgang durch Materie werden Röntgenstrahlen in ihrer Intensität geschwächt, wobei das Ausmaß der Schwächung von der Zusammensetzung des Stoffes abhängig ist. Ein chemisches Element absorbiert die Röntgenstrahlen umso stärker, je größer seine Kernladungszahl Z ist, d.h. je mehr Elektronen sich in der Hülle seiner Atome befinden. Das Gewebe des menschlichen Körpers besteht im wesentlichen aus den Elementen Wasserstoff ($Z = 1$), Kohlenstoff ($Z = 6$), Sauerstoff ($Z = 8$), während die Knochen hauptsächlich Kalzium ($Z = 20$) enthalten. Da Kalzium die Röntgenstrahlung stärker schwächt als die anderen Körperelemente, erscheinen diejenigen Stellen, an denen bei einem durchleuchteten Körperteil die Knochen liegen, auf der Röntgenaufnahme (Negativ) hell, weil dort weniger Strahlung durchkommt (siehe Abb. 7.5).



Abb. 7.5: Röntgenaufnahmen als Diagnosemittel in der Medizin.

Links: Eine Hand, die von Schrotkugeln getroffen wurde. Die Aufnahme ist ein Positiv und wurde 3 Monate nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen aufgenommen.

Rechts: Schichtaufnahme eines Kopfes aus einem Computertomogramm, das nach einem Schlaganfall angefertigt wurde. Die geschädigte Zone ist durch das dunkle Feld in der linken Bildmitte zu erkennen.

Verschiedene Arten von Weichteilen, z.B. Tumore und gesundes Gewebe, sind mit Röntgenstrahlen schwer zu unterscheiden. In solchen Fällen bedient man sich sog. Kontrastmittel, das sind chemische Substanzen, die schwerere Elemente enthalten und sich bevorzugt in Tumoren ansammeln, so dass diese dann sichtbar gemacht werden können.

Möchte man allerdings ein Objekt, z.B. einen Tumor im Gehirn, dreidimensional abbilden, so genügt es nicht, nur **eine** Röntgenaufnahme zu machen, da diese nur eine zweidimensionale Projektion liefert. Hierzu wurde mit dem Aufkommen leistungsfähiger Computer die Computertomographie entwickelt: Ein Objekt, z.B. ein Kopf wird nacheinander von **allen** Seiten durchleuchtet, wobei die erhaltenen Bilder elektronisch gespeichert werden. Mithilfe entsprechender Software werden die Schwächungen der Röntgenstrahlen auf den verschiedenen Bildern analysiert und dann gewissen Punkten

im Kopf zugeordnet. Für dieses Verfahren wurde 1979 der Nobelpreis für Medizin verliehen. Die heutigen Möglichkeiten sind erstaunlich.

7.4 Durchleuchtung von Gepäckstücken bei Sicherheitskontrollen

In den letzten Jahren hat die Gefahr terroristischer Anschläge besonders in der zivilen Luftfahrt zugenommen. Zur Ausführung solcher Anschläge müssen entweder Waffen oder Sprengstoff in das Flugzeuginnere gebracht werden. Mit den Waffen versuchen die Terroristen das Flugzeug in ihre Gewalt zu bringen, mit dem Sprengstoff es gar in die Luft zu sprengen. Um diese Gefahren abzuwehren bzw. zu minimieren, wird das Gepäck aller Flugpassagiere vor dem Besteigen des Flugzeugs auf Waffen oder Sprengstoffe kontrolliert. Das muss schnell gehen und verlässlich sein. Die Gepäckstücke werden auf einem Band durch ein Gerät geschickt, in dem sie mit Röntgenstrahlen durchleuchtet werden. Das entstandene Bild erscheint auf dem



Abb. 7.6: Durchleuchtetes Gepäckstück bei einer Flughafenkontrolle

Bildschirm eines Computers und wird von einer Person auf verdächtige Objekte durchgesehen. Das Prinzip dieser Untersuchung ist ganz ähnlich wie bei der Durchleuchtung in der Medizin: Die Absorption der Röntgenstrahlung ist umso größer, je schwerer die in dem Objekt enthaltenen chemischen Elemente sind. Metallobjekte absorbieren viel stärker als Schokolade oder Sprengstoffe. Allerdings würde eine dünne Eisenplatte oder ein dickes Sprengstoffpaket zu derselben Schwärzung führen und man könnte beide Fälle nicht unterscheiden. Hier hilft die Tatsache, dass die einzelnen chemischen Elemente bei verschiedener Härte (verschiedener Energie) der Röntgenstrahlen verschieden stark absorbieren. Wenn man also die Absorption bei verschiedenen Energien der Röntgenstrahlen misst, kann man etwas über die Form, die Dicke und die chemische Zusammensetzung der Objekte im Gepäckstück aussagen. Die Farben, in denen die einzelnen Objekte auf dem Bildschirm des Computers erscheinen, sind keine echten Farben, sondern sog. Falschfarben. Sie werden vom Computer erzeugt und sind charakteristisch für die chemische Zusammensetzung. Auch große Objekte, wie z.B. Lastwagen, kann man inzwischen auf diese Weise durchleuchten.

7.5 Röntgenastronomie

Wenn man von den Folgeprodukten bei radioaktiven Zerfällen absieht, gibt es auf der Erde keine natürlichen Röntgenquellen. Im Weltall jedoch sind Quellen für Röntgenstrahlung recht häufig. Die meisten astronomischen Objekte, die im sichtbaren Licht strahlen wie, z.B. unsere Sonne oder unsere Milchstrasse, senden auch Röntgenstrahlung aus (siehe Abb. 7.7). Allerdings ist es nicht einfach, diese Strahlung zu untersuchen. Denn die Atmosphäre der Erde absorbiert die aus dem Weltall eintreffende Röntgenstrahlung vollständig, so dass wir einerseits vor ihr geschützt sind, sie andererseits aber auch nicht beobachten können. Hierzu muss man Teleskope mit einem Ballon oder in einem Satelliten in die obere Atmosphäre bzw. den Weltraum schicken. Übrigens unterscheiden sich die Teleskope für Röntgenstrahlung von denen für sichtbares Licht ganz wesentlich. Man kann z.B. keine Glaslinsen benutzen, da diese die Röntgenstrahlen nicht brechen, sondern nur schwächen.

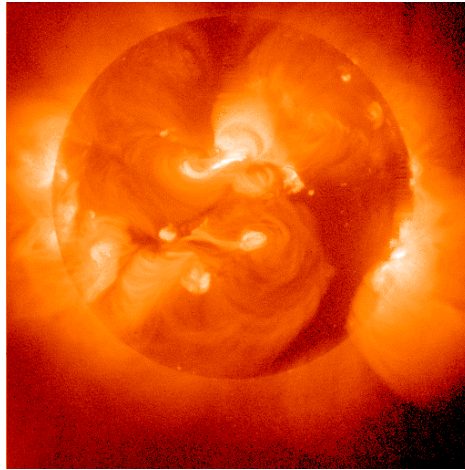


Abb. 7.7: Bild der Sonne im Röntgenlicht. Außerhalb der Sonnenscheibe

Wie die Radioastronomie zur Lichtrastronomie komplementäre Informationen liefert, so auch die Röntgenastronomie. Ganz allgemein kann man sagen: Da die Photonen der Röntgenstrahlung viel energiereicher als die Photonen des Lichtes sind, entstehen Röntgenstrahlen in solchen Bereichen des Kosmos, in denen die Temperaturen sehr hoch sind wie z.B. in der Sonnenkorona oder in denen sehr energiereiche Prozesse ablaufen.

7.6 Biographie: Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923)

Wilhelm Conrad Röntgen wurde in Lennep, einer kleinen Stadt im Bergischen Land, als einziger Sohn eines Kleiderfabrikanten geboren. Da seine Mutter Holländerin war, ist es nicht verwunderlich, dass die Familie 3 Jahre nach der Geburt ihres Sohnes nach Apeldoorn in den Niederlanden umzog. Dort besuchte Wilhelm später die Schule, ohne dass den Lehrern spezielle Begabungen aufgefallen wären. Er liebte die freie Natur und beschäftigte sich andererseits gerne mit mechanischen Apparaten. Daher wechselte er 1682 mit 17 Jahren auf eine technisch ausgerichtete Schule in Utrecht. Diese musste er jedoch bald verlassen, da er eine Karikatur eines Lehrers angefertigt haben sollte, die in Wahrheit aber ein Mitschüler gezeichnet hatte.

Im Jahre 1865 begann Röntgen mit dem Physikstudium an der Universität Utrecht. Da er jedoch nicht die nötigen Zeugnisse besaß, konnte er kein ordentlicher Student werden. Als er hörte, dass er das Polytechnikum in Zürich besuchen könnte, wenn er vorher eine Prüfung ablegen würde, wählte er diesen Weg und begann dort ein Ingenieurstudium. Er besuchte Vorlesungen bei Clausius und arbeitete in Kundt's Labor. Diese beiden bekannten Physiker übten einen großen Einfluss auf Röntgen aus, der nach seiner Promotion im Jahre 1869 Kundt's Assistent an der Universität Zürich wurde und im gleichen Jahr mit ihm nach Würzburg ging.



Drei Jahre später wechselten beide nach Straßburg, wo sich Röntgen 1874 als Dozent qualifizierte. Ein Jahr danach wurde er Professor an der Landwirtschaftlichen Akademie in Hohenheim.

1876 kehrte Röntgen als Professor für Physik nach Straßburg zurück, wo er 3 Jahre blieb, bis er auf den Lehrstuhl für Physik an der Universität Gießen berufen wurde. Nachdem er mehrfach Berufungen auf Lehrstühle an anderen Universitäten abgelehnt hatte, nahm er im Jahre 1888 einen Ruf der Universität Würzburg an. Hier forschte er, bis es ihn im Jahre 1900 nach München zog, wo er trotz verlockender Angebote, u.a. der Präsidentschaft der Physikalisch Technischen Reichsanstalt, bis an sein Lebensende blieb.

Röntgen beschäftigte sich zunächst mit klassischen Fragestellungen, z.B. auf den Gebieten der spezifischen Wärmen oder der thermischen Leitfähigkeit von Gasen. Bis zum Jahre 1895 hatte er 48 wissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht, die schon bald in Vergessenheit gerieten. Durch seine 49. wurde er jedoch weltberühmt. Diese handelt von der Entdeckung der x-Strahlen, die er bei Arbeiten auf dem Gebiet der Kathodenstrahlen fand und die später seinen Namen erhielten. Diese Phase seiner wissenschaftlichen Arbeit soll etwas detaillierter geschildert werden.

Röntgen wollte ähnlich wie Lenard mit Kathodenstrahlen arbeiten, die aus einer Gasentladungsröhre durch ein "dünnes Fenster" ins Freie gelangen konnten. Er erhielt hierzu auf Anfrage im Jahre 1894 von Lenard Alu-Folien von ca. 5 μm Dicke, so dass er die Lenardschen Versuche in Würzburg wiederholen konnte. Da er jedoch 1894/95 Rektor der Würzburger Universität wurde, kam er in dieser Zeit nicht zum experimentellen Arbeiten. Als er Ende Oktober 1895 seine Experimente wieder aufnahm, dauerte es nur wenige Tage, bis er am 08.11.95 die Röntgenstrahlen entdeckte. Er selbst beschrieb die Strahlung folgendermaßen: "Man findet bald, dass alle Körper für die Strahlen durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade."

In den nächsten zwei Monaten, in denen sich die Ereignisse überschlugen, arbeitete Röntgen nahezu ununterbrochen in seinem Labor und redete kaum mit jemandem, auch nicht mit seiner Frau.

28.12.95: Röntgen reichte das Manuskript "Über eine neue Art von Strahlen" bei der kleinen Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft in Würzburg ein.

01.01.96: Bereits nach kürzester Zeit lag die kurze Abhandlung gedruckt vor.

- 04.01.96: Feier aus Anlass des 50 jährigen Jubiläums der DPG in Würzburg. In diesem Zusammenhang gab es auch eine Ausstellung, in der u.a. zwei Röntgenaufnahmen zu sehen waren, die allerdings keine Aufmerksamkeit erregten.
- 06.01.96: Sitzung des Vereins für Innere Medizin. Hier wurde ein Vortrag über die Methode der Röntgenstrahlung gehalten, in dessen Rahmen auch Röntgenbilder vorgestellt wurden.
Kurz darauf erschienen Pressemitteilungen in Wien, Frankfurt und London.
- 09.01.96: Kaiser Wilhelm II. erfuhr von der neuen "weltbewegenden Entdeckung", der bald ein nationaler Stempel aufgedrückt wurde.

Röntgen erhielt im Laufe seines Lebens zahlreiche Ehrungen. In vielen Städten wurden Straßen nach ihm benannt und die Liste der Preise, Ehrendoktorwürden und Mitgliedschaften in wissenschaftlichen Vereinigungen würde nicht auf eine Seite passen. Doch trotz allem blieb er ein äußerst bescheidener und zurückhaltender Mann. Er behielt während seines gesamten Lebens seine Liebe zur Natur und verbrachte viele Ferien in Weilheim am Fuße der bayerischen Alpen, wo er ein Ferienhaus besaß. Von dort aus unternahm er mit Freunden viele Bergtouren, bei denen er auch hin und wieder in gefährliche Situationen geriet, obwohl er ein ausgezeichneter Bergsteiger war. Röntgen war ein von Natur aus höflicher und Zeit seines Lebens liebenswürdiger Mensch, der gern allein und ohne Assistenten arbeitete. Die meisten Apparaturen, die er benutzte, hatte er selbst mit großem Einfallsreichtum und experimentellem Geschick gebaut.