Röntgenstrahlung: wie sie entsteht und warum sie durch uns hindurchgeht

STRAHLUNG

Am 8. November 1895 experimentierte Wilhelm Conrad Röntgen in seinem Würzburger Labor mit einer Glasröhre, durch die er elektrischen Strom schickte [1]. Dabei stieß er auf eine unsichtbare Strahlung, die niemand kannte. Er nannte sie schlicht X-Strahlen [2].

Wenige Wochen später hatte er sein erstes Röntgenbild, die Hand seiner Frau Bertha [2]. Seine Mitteilung *Über eine neue Art von Strahlen* erschien am 28. Dezember 1895 [1]. Ein Patent ließ Röntgen sich bewusst nicht geben, die Entdeckung sollte allen gehören [1],[2]. 1901 bekam er dafür den allerersten Nobelpreis für Physik [3]. Das Preisgeld von 50.000 Kronen schenkte er der Universität Würzburg [2].

Was ist Röntgenstrahlung?

Röntgenstrahlung ist Licht, nur viel energiereicher als alles, was das Auge sehen kann. Physikalisch besteht sie aus Photonen, also aus Lichtquanten, wie sichtbares Licht auch. Ein Photon grünen Lichts trägt etwa 2 Elektronenvolt Energie. Ein Röntgenphoton bringt es auf Tausende bis Zehntausende Elektronenvolt (keV), entsprechend kürzer ist seine Wellenlänge.

Diese Energie reicht, um Elektronen aus Atomen herauszuschlagen. Röntgenstrahlung zählt deshalb wie die Gammastrahlung zur ionisierenden Strahlung. Der Unterschied der beiden liegt nicht in der Art, sondern in der Herkunft: Gammastrahlung kommt aus dem Atomkern, Röntgenstrahlung aus der Elektronenhülle oder von abgebremsten Elektronen. Mehr dazu im Artikel über Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.

Wie eine Röntgenröhre funktioniert

Im Grunde hat sich das Prinzip seit Röntgens Zeit nicht geändert. In einem luftleer gepumpten Glaskolben sitzen zwei Elektroden. Die Kathode wird geheizt, bis sie Elektronen abgibt. Eine Hochspannung von einigen zehntausend Volt reißt diese Elektronen zur Anode hinüber, wo sie mit voller Wucht ins Metall einschlagen [4]. Dabei entstehen zwei Sorten Röntgenstrahlung.

Bremsstrahlung

Ein Elektron, das in die Anode eindringt, wird von den Atomkernen abgelenkt und abgebremst. Die Energie, die es dabei verliert, kann es als Photon abgeben. Weil das Abbremsen mal sanft, mal heftig ausfällt, kommt ein breites, durchgehendes Spektrum heraus [4]. Nach oben ist es aber scharf begrenzt. Mehr als seine gesamte Bewegungsenergie kann ein Elektron nicht abgeben, und die beträgt bei der Spannung *U* genau *e*·*U*. Daraus folgt die kürzeste Wellenlänge, die eine Röhre erzeugen kann [4]:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU} \tag{1}$$

Dabei ist *h* die Plancksche Konstante, *c* die Lichtgeschwindigkeit und *e* die Elementarladung [5]. Bei 35 Kilovolt kommt man auf rund 35 Pikometer, also 0,035 Nanometer. Das ist kleiner als ein Atom. Wer die Spannung erhöht, verschiebt die Grenze zu noch kürzeren Wellen.

Charakteristische Strahlung

Manchmal schießt ein Elektron ein anderes Elektron aus einer inneren Schale eines Anodenatoms heraus. Die Lücke füllt sofort ein Elektron aus einer äußeren Schale, und der Energieunterschied fliegt als Photon davon. Weil diese Abstände für jedes Element festliegen, entstehen scharfe Linien, bei Molybdän etwa bei 17,4 und 19,6 keV [4]. Sie sitzen wie Spitzen auf dem Buckel der Bremsstrahlung (Abb. 1).

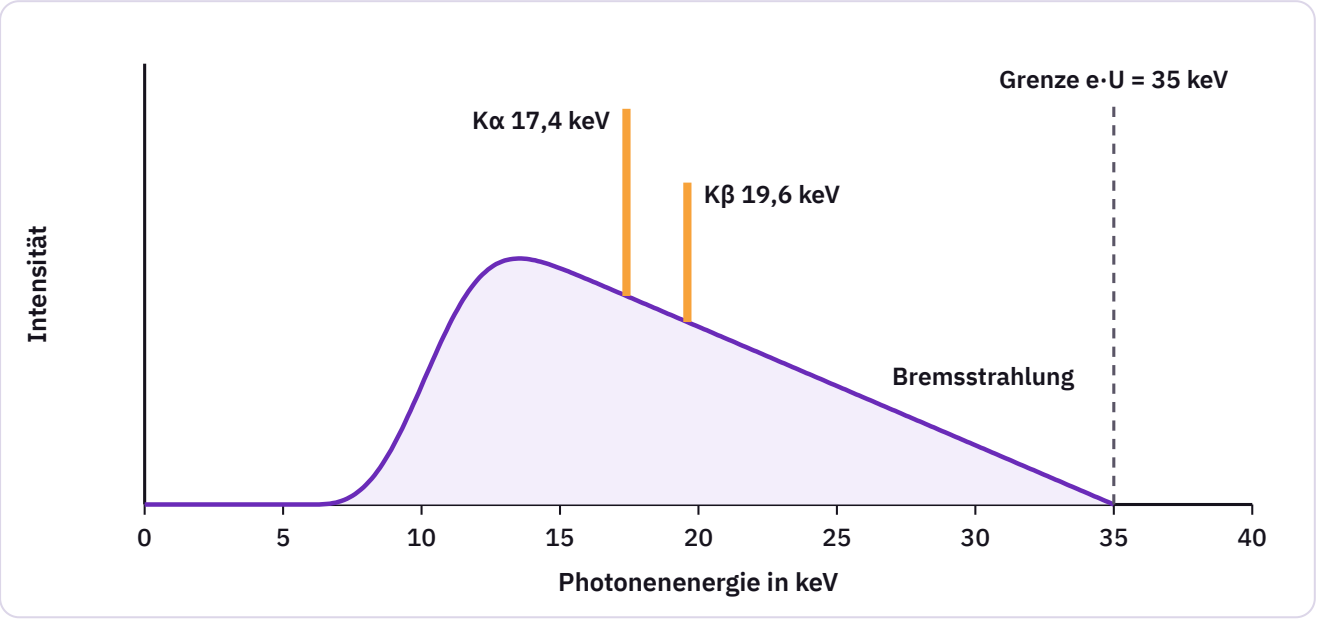

Abb. 1: So sieht das Spektrum einer Röntgenröhre mit Molybdän-Anode bei 35 kV aus, schematisch. Die Lage der Linien und die Grenzenergie stammen aus [4], die Form des Buckels ist nur angedeutet.

Effizient ist das Ganze nicht. Nur etwa ein Prozent der elektrischen Energie wird zu Röntgenstrahlung, rund 99 Prozent werden zu Wärme. Ohne kräftige Kühlung würde die Anode schmelzen [4].

Warum Knochen im Röntgenbild hell sind

Röntgenstrahlung wird in Materie nach und nach geschluckt. Wie stark, hängt vor allem von zwei Dingen ab: von der Energie der Photonen und von der Ordnungszahl der Atome, auf die sie treffen. Die Absorption wächst ungefähr mit der vierten Potenz der Ordnungszahl [4].

Weichteile bestehen vor allem aus Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff, also aus leichten Atomen mit Ordnungszahlen bis 8. Knochen enthalten viel Calcium mit der Ordnungszahl 20. Nach der Faustregel schluckt ein Calciumatom damit grob vierzigmal so viel wie ein Sauerstoffatom. Hinter dem Knochen kommt deshalb wenig Strahlung am Detektor an, hinter Muskeln und Fett viel mehr. Auf dem üblichen Röntgenbild, das wie ein Negativ dargestellt wird, erscheint der Knochen deshalb hell und das Gewebe dunkel [4].

Bei der Computertomographie dreht sich die Röhre um den Körper, und ein Rechner setzt aus vielen Durchleuchtungen Schnittbilder zusammen. Wie man das mit einem PET kombiniert, steht im Artikel über die PET-CT.

Wie gefährlich ist Röntgen?

Weil Röntgenstrahlung ionisiert, kann sie das Erbgut in Zellen schädigen. Ob ein Bild sinnvoll ist, muss deshalb immer ein Arzt abwägen. Die Dosen sind aber sehr unterschiedlich. Eine Röntgenaufnahme des Brustkorbs liegt bei etwa 0,05 Millisievert [6]. Zum Vergleich: Aus natürlichen Quellen bekommt jeder Mensch in Deutschland im Schnitt 2,1 Millisievert pro Jahr ab [7]. Die Thoraxaufnahme entspricht damit grob neun Tagen natürlicher Strahlung.

Anders sieht es bei der Computertomographie aus. In Deutschland werden pro Jahr etwa 130 Millionen Röntgenuntersuchungen gemacht. CTs machen davon nur rund 10 Prozent aus, verursachen aber etwa 68 Prozent der gesamten Strahlendosis aus der Röntgendiagnostik [6]. Wie man Strahlung selbst misst, erklärt der Artikel über den Geigerzähler.

Kennzahl	Wert
Röntgenuntersuchungen in Deutschland pro Jahr	ca. 130 Millionen
Untersuchungen pro Einwohner und Jahr	ca. 1,5
mittlere Dosis pro Kopf durch Röntgendiagnostik	ca. 1,4 mSv pro Jahr
Anteil der CT an den Untersuchungen	ca. 10 %
Anteil der CT an der Dosis	ca. 68 %
Röntgenaufnahme des Brustkorbs	ca. 0,05 mSv

Röntgen in Zahlen. Die Mittelwerte gelten laut Quelle für Deutschland und die Schweiz zusammen. Quelle: [6].

Mehr als Medizin: Röntgenstrahlen und Kristalle

1912 zeigte Max von Laue, dass sie an Kristallen gebeugt werden, so wie Licht an einem feinen Gitter. Röntgenstrahlen verhalten sich also wie Wellen, nur mit sehr kurzer Wellenlänge. Laue bekam dafür 1914 den Nobelpreis [8]. Aus den Beugungsbildern lässt sich umgekehrt ablesen, wie die Atome in einem Kristall angeordnet sind. Die Röntgenstrukturanalyse wurde so zu einem der wichtigsten Werkzeuge von Chemie, Mineralogie und Biologie.

Fragen zur Röntgenstrahlung

Was ist Röntgenstrahlung einfach erklärt?

Röntgenstrahlung ist sehr energiereiches, unsichtbares Licht. Sie entsteht, wenn schnelle Elektronen in Metall abgebremst werden, und kann weiches Gewebe durchdringen, während Knochen sie stärker abschwächen.

Wer hat die Röntgenstrahlung entdeckt?

Wilhelm Conrad Röntgen entdeckte sie am 8. November 1895 in Würzburg. 1901 erhielt er dafür den ersten Nobelpreis für Physik.

Wie entsteht Röntgenstrahlung?

In einer Röntgenröhre werden Elektronen mit Hochspannung auf eine Metallanode geschossen. Beim Abbremsen entsteht Bremsstrahlung, beim Herausschlagen innerer Elektronen zusätzlich charakteristische Strahlung.

Ist eine Röntgenaufnahme gefährlich?

Eine einfache Aufnahme des Brustkorbs bringt etwa 0,05 Millisievert, so viel wie etwa neun Tage natürlicher Strahlung. Eine CT ist deutlich höher belastet. Über den Nutzen entscheidet der Arzt.

Was ist der Unterschied zwischen Röntgen- und Gammastrahlung?

Beide bestehen aus energiereichen Photonen. Gammastrahlung stammt aus dem Atomkern, Röntgenstrahlung aus der Elektronenhülle oder von abgebremsten Elektronen.

Quellen

1. Universität Würzburg, Universitätsarchiv: *Wilhelm Conrad Röntgen.* uni-wuerzburg.de.
2. Röntgen-Gedächtnisstätte Würzburg: *Wilhelm Röntgen.* wilhelmconradroentgen.de.
3. Nobel Prize Outreach: *The Nobel Prize in Physics 1901.* nobelprize.org.
4. Fakultät für Physik der LMU München: *Röntgenstrahlung (ROE).* Versuchsanleitung Grundpraktikum für Humanmediziner, Stand 27. Oktober 2023, praktikum.physik.uni-muenchen.de (PDF).
5. NIST: *CODATA Value: Planck constant, speed of light in vacuum, elementary charge.* physics.nist.gov.
6. Fachverband für Strahlenschutz: *Strahlenschutz kompakt Nr. 05: Medizin.* Überarbeitete Fassung 05/2026, Daten des BfS, fs-ev.org (PDF).
7. Bundesamt für Strahlenschutz: *Natürliche Strahlung in Deutschland.* bfs.de.
8. Nobel Prize Outreach: *The Nobel Prize in Physics 1914.* nobelprize.org.

Zitiervorschlag

quanten.de: *Röntgenstrahlung: wie sie entsteht und warum sie durch uns hindurchgeht.* Stand: November 2026. URL: https://quanten.de/roentgenstrahlung.html

Texte und Abbildungen © 2026 quanten.de. Nutzung mit Quellenangabe und Link gern, kommerzielle Nutzung nach Absprache: info@quanten.de

Weiterlesen: Alpha-, Beta- und Gammastrahlung · PET-CT · Geigerzähler · Lise Meitner