

Voller Durchblick – die Röntgenstrahlung

Günther Lohmer, Leverkusen

Am 8. November 1895 machte **Wilhelm Conrad Röntgen** (27.03.1845–10.02.1923) seine bahnbrechende Entdeckung. Er stellte fest, dass eine bestimmte Strahlenart in der Lage war, den menschlichen Körper zu durchdringen.

Bringen Sie Ihren Schülern mit diesem Beitrag nahe,

- was Röntgenstrahlung ist,
- wofür sie verwendet wird und
- welche Gefahren damit verbunden sind.



Röntgenbild der Hand

© iStock/Thinkstock

I/E

Röntgenstrahlen sind genauso wie Licht elektromagnetische Wellen. Allerdings ist die Wellenlänge bei Röntgenstrahlen kürzer. Deshalb sind Röntgenstrahlen energiereicher.

Der Beitrag im Überblick

Klasse: 9/10

Dauer: 8 Stunden

Ihr Plus:

- ✓ Farbfolie mit Röntgenbildern

Inhalt:

- Zur Person von W. C. Röntgen
- Elektromagnetische Wellen von Infrarot bis Ultraviolett
- Das Bohr'sche Atommodell
- Was sind Röntgenstrahlen und wie entstehen sie?
- Eigenschaften von Röntgenstrahlen
- Röntgen und andere Bildgebungsverfahren
- Anderweitiger Einsatz von Röntgenstrahlen
- Die Gefahren von Röntgenstrahlung

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Lichtstrahlen sind elektromagnetische Wellen, die je nach Wellenlänge für uns Menschen mit bloßem Auge sichtbar oder unsichtbar sind.

Täglich kommen wir mit den unterschiedlichsten Strahlen in Kontakt – beispielsweise an einem sonnigen Morgen. Das Sonnenlicht besteht aus einem für uns Menschen sichtbaren Anteil und aus einem unsichtbaren Anteil, von dem zum Beispiel die **UV-Strahlen** gefährlich sein können. Für uns unsichtbare Strahlen sind z. B. die energiereichen Strahlen in der **Mikrowelle** oder die elektromagnetischen Wellen für **Radio- und Fernsehempfang**. Auch Röntgenstrahlen können wir nicht sehen.

Das Röntgenbild aus der Medizin kennt fast jeder. Anhand der Röntgenbilder kann der Arzt feststellen, ob ein Knochen gebrochen ist oder nicht. Auch Zahnärzte nutzen die Röntgentechnik, um sich ein Bild vom Zustand des Gebisses ihrer Patienten zu machen.

Neben diesem klassischen Anwendungsgebiet setzt man Röntgenapparate an Flughäfen zur **Durchleuchtung des Gepäcks** ein. Ein weiteres Einsatzgebiet für Röntgenstrahlen ist die **Archäologie**. Mithilfe von Röntgenaufnahmen können Archäologen kostbare Fundstücke, beispielsweise verschlossene Truhen untersuchen, ohne dass diese geöffnet werden müssen und der Inhalt gegebenenfalls beschädigt wird. Auch neu entdeckte Mumien werden zur Identifizierung geröntgt. Anhand der Röntgenbilder erhalten Wissenschaftler Auskunft über das Alter, den Zustand und das Geschlecht der Mumie. Außerdem nutzen Ingenieure die Röntgenstrahlung, um beispielsweise **Risse in Kesseln** zu identifizieren.

Trotz aller Vorteile, die die Röntgenstrahlen haben, dürfen die **Gefahren der Röntgenstrahlen** nicht vernachlässigt werden. Aufgrund ihrer hohen Energie kann Röntgenstrahlung menschliches Gewebe zerstören (chemische Bindungen aufbrechen, Zellen beschädigen). Daher sollten Röntgenaufnahmen nur dann gemacht werden, wenn sie aus medizinischer Sicht nötig sind und keine anderen Verfahren der Diagnostik zur Verfügung stehen.

Bezug zum Alltag

Das Experiment **M 3** zeigt, dass Licht aus verschiedenen Farben besteht, die als Summe „weißes“ Licht ergeben. Spektralfarben sind Ihren Schülern auch vom **Regenbogen** bekannt. Dieses Phänomen basiert auf der Brechung des Sonnenlichts mithilfe von Wassertropfen.

Material **M 8** zeigt die verschiedenen Einsatzgebiete von Röntgenstrahlen. Die meisten Schüler kennen das **medizinische Röntgen**, beispielsweise nach einem Umknicken des Fußes. Auch die **Gepäckkontrolle** am Flughafen ist den meisten Lernenden bekannt. Dass dazu Röntgenstrahlen eingesetzt werden, ist für manche Schüler eventuell neu. Die Einsatzgebiete „**Werkstoffprüfung**“ und „**Röntgen von Mumien**“ dürften die wenigsten Schülern kennen.

Lehrplanbezug

Obwohl in vielen Lehrplänen die Röntgenstrahlung erst in **Klassenstufe 12** im Rahmen der **Quantenphysik** behandelt wird, sind die Materialien dieses Beitrags so gestaltet, dass sich auch jüngere Schüler mit dem Thema befassen können.

Im Sinne eines **Spiralcurriculums** legen Sie in der Mittelstufe den Grundstock und greifen das Thema in der Oberstufe wieder auf. Sie behandeln dann unter anderem:

1. Atommodelle von Rutherford und Bohr mit den entsprechenden Gleichungen
2. Entstehung von Röntgenstrahlung beschreiben, Eigenschaften und Anwendungsbeispiele
3. Unterscheidung Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung
4. Wechselwirkung mit Materie: Comptoneffekt, Photoeffekt, Paarerzeugung

I/E



5. Absorptionsgesetz von Lambert-Beer, das die Intensitätsabnahme elektromagnetischer Strahlung durch Absorption in einem Medium beschreibt
6. Welle-Teilchen-Dualismus: $E = h \cdot f$

Ablauf

Den Einstieg in das Thema „Röntgenstrahlung“ bildet Material **M 1**. In Form einer **Pinnwand** mit mehreren Teilinformationen erhalten die Schüler einen ersten allgemeinen Überblick über die Person von Wilhelm Conrad Röntgen, den Entdecker der Röntgenstrahlen. Sie erstellen anhand der Informationen selbstständig einen **Steckbrief** über die wichtigsten Stationen in seinem Leben.

Anhand von Material **M 2** erfahren die Lernenden, dass Röntgenstrahlen ebenso wie sichtbares Licht elektromagnetische Wellen sind. Im Rahmen eines **Experiments (M 3)** erkennen Ihre Schüler, dass sichtbares Licht mit einfachen Mitteln in die einzelnen **Spektralfarben** zerlegt werden kann. Sie sehen das Farbenspektrum von kurzwelligem (violetter / blauem) und langwelligem (rotem) Licht.

Material **M 4** dient als Basis für das Verständnis der Röntgenstrahlen. Das **Bohr'sche Atommodell** besagt, dass sich die Elektronen auf Schalen befinden und diese Schalen unterschiedliche Energieniveaus besitzen.

Material **M 5** thematisiert die **Funktionsweise einer Röntgenröhre**. Es wird der **Energieerhaltungssatz** vermittelt und der **Glühelektrische Effekt** erläutert. Die **Farbfolie (M 6)** zeigt verschiedene Röntgenbilder. Außer den klassischen Röntgenaufnahmen gibt es noch andere Bildgebungsverfahren. Diese werden in Material **M 7** vorgestellt. Dabei lernen die Schüler die Unterschiede zwischen Röntgen, MRT und CT kennen.

Die Einsatzgebiete für Röntgenstrahlen außerhalb der Medizin sind Inhalt von Material **M 8**. Neben dem klassischen Einsatzgebiet in der Medizin werden Röntgenstrahlen noch für die **zerstörungsfreie Werkstoffprüfung** eingesetzt. Außerdem nutzen **Archäologen** und **Kunsthistoriker** die Röntgenstrahlen zur Überprüfung von archäologischen Funden und historischen Bildern. Material **M 9** weist auf die **Gefahren der Röntgenstrahlen** hin und gibt Tipps für einen sicheren Umgang mit ihnen.

Eine **Lernerfolgskontrolle** erfolgt mithilfe des Rätsels **M 10**. Auf spielerische Art und Weise können die Lernenden ihre erworbenen Kenntnisse überprüfen und eventuelle Wissenslücken durch Kombinationsgabe schließen. Das **Glossar auf CD-ROM 43** gibt einen schnellen Überblick über die in der Lerneinheit verwendeten Fachbegriffe.

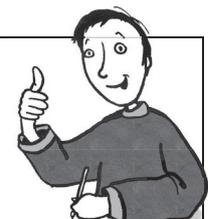
Stärkung der sozialen Kompetenz und Nachhaltiges Lernen

Schülerversuche sorgen dafür, dass der Unterrichtsinhalt nachhaltig haften bleibt. Verständnisfragen gepaart mit Rechercheaufgaben sichern den dauerhaften Lernerfolg. Ihre Schüler benutzen Fachbegriffe, argumentieren wissenschaftlich und stellen Wenn-Dann-Beziehungen auf. Ferner ziehen sie selbstständig ihr Vorwissen aus dem Unterricht zur Problemlösung heran. Durch den Bezug zum Alltag der Schüler bleibt das Gelernte nachhaltig in ihrem Gedächtnis haften.

Tipp für Klassenfahrten

Deutsches Röntgen-Museum Remscheid
Schwelmer Str. 41, 42897 Remscheid
Tel.: 02191 / 16 33 84, Fax: 02191 / 16 31 45
Email: info@roentgenmuseum.de, Web: www.roentgenmuseum.de

Das Museum zeigt auf mehreren Ebenen anschaulich das Wirken von Wilhelm Conrad Röntgen. Verschiedene Stationen laden zum Ausprobieren ein



Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt
 ⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

M 1	Ab	Der Entdecker der Röntgenstrahlen: Wilhelm Conrad Röntgen <input type="checkbox"/> Farbige Stifte zum Unterstreichen
M 2	Ab	Elektromagnetische Wellen – von Infrarot bis Ultraviolett
M 3	SV	Der sichtbare Bereich des Spektrums – ein Experiment ⌚ V: 5 min <input type="checkbox"/> 1 handelsübliche CD mit silbriger Beschichtung an der Unterseite ⌚ D: 40 min <input type="checkbox"/> Sonnenlicht, alternativ künstliche Lichtquelle, z. B. Taschenlampe <input type="checkbox"/> Buntstifte in den Farben Rot, Gelb, Grün, Blau und Violett
M 4	Ab	Das Bohr'sche Atommodell
M 5	Ab	Was passiert in einer Röntgenröhre?
M 6	Fo	Welche Körperteile wurden hier geröntgt?
M 7	Ab	Röntgen und andere bildgebende Verfahren
M 8	Ab	Anderweitiger Einsatz von Röntgenstrahlen
M 9	Ab	Die Gefahren der Röntgenstrahlen – Strahlenschutz
M 10	LEK	Rund um Röntgen und Co. – ein Kreuzworträtsel

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 16.

Minimalplan

Bei knapper Zeit beschäftigen sich Ihre Schüler mit der Person W. C. Röntgen als Hausaufgabe. Der Unterricht beginnt mit Material **M 2** (das elektromagnetische Spektrum). Sie lassen das Experiment **M 3** wiederum als Hausaufgabe durchführen und behandeln in der zweiten Stunde das Bohr'sche Atommodell (**M 4**). Unverzichtbar ist, die Erzeugung von Röntgenstrahlen in einer Röntgenröhre (**M 5**) zu behandeln. Dagegen können Sie auf den anderweitigen Einsatz von Röntgenstrahlen (**M 8**) verzichten. Wichtig ist aber, die Schüler auf die Gefahren der Röntgenstrahlung hinzuweisen (**M 9**).

Die Lernerfolgskontrolle (**M 10**) wird in diesem Fall nicht benotet, da nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass die Schüler über alle notwendigen Informationen verfügen, beispielsweise über die zur Person W. C. Röntgen.

I/E

M 1 Der Entdecker der Röntgenstrahlen: Wilhelm Conrad Röntgen

Aufgaben

1. Auf der Pinnwand wurden wichtige Informationen rund um Wilhelm Conrad Röntgen gesammelt. Lies dir die Texte durch und unterstreiche die wichtigsten Informationen.
2. Erstelle einen **Steckbrief** über Wilhelm Conrad Röntgen mit den folgenden Angaben: Geburtstag, Geburtsort, Schullaufbahn, Entdeckung der Röntgenstrahlen.

Für Experten

3. Finde heraus, woran Röntgen forschte, als er zufällig die Röntgenstrahlen entdeckte.
4. In welcher Stadt entdeckte Röntgen die Röntgenstrahlen?



© LIFE Photo Archive

W. C. Röntgen (1845–1923)

1864: Erneuter Anlauf, das Abitur zu erlangen. Versuch scheiterte, da der gleiche Lehrer zur Prüfung erschien, der 1863 Anlass für den Schulverweis war.

1874: Habilitation an der Universität zu Straßburg.

1862–1863: Technische Schule in Utrecht (Niederlande).

10.12.1901: Röntgen erhält den ersten Nobelpreis für Physik.

1848–1862: Kindheit und Jugend in Apeldoorn (Niederlande).

1863: Röntgen wurde ohne Abitur von der Schule verwiesen, weil er einen Schulkameraden, der die Karikatur eines Lehrers erstellt hatte, nicht verraten wollte.

1865: Studiengang an der ETH Zürich. Röntgen kann aufgrund seiner guten Zeugnisse und nach einer strengen Aufnahmeprüfung ohne Abitur studieren.

1869: Promotion zum Dr. phil. an der ETH Zürich über Thermodynamik.

8.11.1895: Entdeckung der Röntgenstrahlen.

Wilhelm Conrad Röntgen wurde am **27. März 1845** in Remscheid-Lennep (NRW) als einziges Kind der Eheleute Friedrich Conrad und Charlotte Röntgen geboren.

M 7 Röntgen und andere bildgebende Verfahren

Röntgen

Die Röntgenstrahlen durchdringen den Körper und treffen dann auf einen empfindlichen unbelichteten Film. Je dichter das Körpergewebe ist, desto weniger Strahlung gelangt hindurch. An diesen Stellen wird der Film kaum belichtet und die Stellen bleiben auf dem Röntgenbild hell. Ein klassisches Anwendungsgebiet für das Röntgen ist die **Diagnose von Knochenbrüchen**. Dabei ist die Strahlenbelastung relativ gering und Verletzungen, beispielsweise Knochenbrüche, sind sehr gut erkennbar. Als Nachteil erweist sich die Strahlenbelastung, die zu einer Schädigung der körperlichen Zellen führen kann.



Röntgenbild des Brustkorbs

© iStock/Thinkstock

Magnetresonanztomographie

Bei der Magnetresonanztomographie (MRT) nutzt man die Tatsache, dass der menschliche Körper zahlreiche Wasserstoffatome enthält. Diese werden während der Untersuchung einem extrem starken Magnetfeld ausgesetzt und zusätzlich mit Radiowellen in Schwingungen versetzt. Sobald man die Radiowellen abschaltet, kann man die Zeit erfassen, bis sich die Wasserstoffatome wieder an dem magnetischen Feld ausgerichtet haben. Außerdem erfasst man die Energie, die sie dabei abgeben. Aus diesen Angaben errechnet ein Computer Schritt für Schritt die jeweiligen Schichtaufnahmen, aus denen dann die MRT-Bilder entstehen. Die MRT wird gerne für die **Diagnostik von Weichteilen** eingesetzt. Weil während der Behandlung keine Strahlenbelastung entsteht, kann beispielsweise auch das **Gehirn** untersucht werden. Als Nachteil der MRT gilt, dass das Verfahren für Patienten, die Metalle im Körper tragen, z. B. Hüftprothesen oder Herzschrittmacher, aufgrund des starken Magnetfeldes nicht geeignet ist.

Computertomographie



CT-Apparatur

Die Computertomographie (CT) ist eine Weiterentwicklung des klassischen Röntgenverfahrens. Die zu untersuchende Körperstelle wird wie beim klassischen Röntgen durchstrahlt. Allerdings werden die Strahlen mithilfe von Detektoren erfasst und an einen Computer weitergeleitet. Beim klassischen Röntgen werden die Strahlen auf einem Film erfasst. Dadurch, dass die Aufnahmeeinheit bei der CT leicht rotiert, entstehen verschiedene Ansichten des zu untersuchenden Körperteils. Diese werden mithilfe des Computers anschließend zu aussagekräftigen Querschnittsbildern zusammengesetzt.

Das CT-Verfahren ist gut zum Auffinden von **Tumoren** und **Metastasen** sowie zur **Diagnose von Organveränderungen** geeignet. Als Nachteil gilt die **deutlich höhere Strahlenbelastung** im Vergleich zum klassischen Röntgen.

Aufgaben

1. Bei welchem Verfahren ist die Strahlenbelastung am höchsten?
2. Können Prothesenträger mittels MRT untersucht werden? Begründe deine Antwort.
3. Welches der drei Verfahren kommt ohne Strahlenbelastung aus? Was setzt man statt der Strahlen ein?
4. Was ist der Nachteil bei einer Röntgenuntersuchung?

Erläuterungen und Lösungen

M 1 Der Entdecker der Röntgenstrahlen: Wilhelm Conrad Röntgen

2. Steckbrief Wilhelm Conrad Röntgen:

Geburtstag: 27. März 1845, Geburtsort: Remscheid-Lennep.
 Schullaufbahn: 1848–1862: Kindheit und Jugend in Apeldoorn (Niederlande).
 1862–1863: Technische Schule in Utrecht (Niederlande).
 1863: Röntgen wurde ohne Abitur von der Schule verwiesen, weil er einen Schulka-
 meraden, der die Karikatur eines Lehrers erstellte, nicht verraten wollte.
 1864: Erneuter Anlauf, das Abitur zu erlangen. Versuch scheiterte, da der gleiche Leh-
 rer zur Prüfung erschien, der 1863 Anlass für den Schulverweis war.
 1865: Studiengang an der ETH Zürich. Röntgen kann aufgrund seiner guten Zeugnisse
 und nach einer strengen Aufnahmeprüfung ohne Abitur studieren.
 1869: Promotion zum Dr. phil. an der ETH Zürich über Thermodynamik.
 1874: Habilitation an der Universität Straßburg.
 8.11.1895: Entdeckung der Röntgenstrahlen.
 10.12.1901: Röntgen erhält den ersten Nobelpreis für Physik.
Hinweis: Am 10. Februar 1923 erlag Wilhelm Conrad Röntgen im Alter von 77 Jahren
 in München einem Darmkrebsleiden.

Für Experten

3. Wilhelm Conrad Röntgen führte 1895 **Kathodenstrahlversuche** durch, als er zufällig die Röntgenstrahlen entdeckte.
4. Röntgen entdeckte die Röntgenstrahlen in Würzburg, am Physikalischen Institut am Röntgenring.

M 2 Elektromagnetische Wellen – von Infrarot bis Ultraviolett

1.

Violett	Blau	Grün	Gelb	Rot
380–420 nm	450–482 nm	497–530 nm	575–580 nm	630–780 nm

2. Tipp zum Experiment:

Sie können den Versuch auch in der Klasse durchführen. Springseile gibt es sicher-
 lich in Ihrer Turnhalle, oder sie lassen sich über den Fachleiter Sport an Ihrer Schule
 ausleihen.

M 3 Der sichtbare Bereich des Spektrums – ein Experiment

Für Experten:

- a) Damit ein Regenbogen entsteht, muss es zeitgleich regnen und die Sonne scheinen.
 Bei dieser Konstellation scheint das Sonnenlicht direkt auf die Regentropfen. Diese
 zerlegen das „weiße Sonnenlicht“ in seine Spektralfarben. Das in die Regentropfen
 eintretende Sonnenlicht wird zunächst gebrochen, anschließend an der Rückseite des
 Regentropfens reflektiert und vor dem Austritt an der Vorderseite erneut gebrochen.
 Die Brechung der einzelnen Spektralfarben ist unterschiedlich. Blaues Licht wird stärker
 gebrochen als rotes.