1. Voraussetzungen und Unterrichtshilfsmittel

1.1 Fachliche Grundlagen

Das Thema Röntgen eignet sich gut für eine Einheit, welche den Schülerinnen und Schülern die Attraktivität von moderner Technik zeigen soll. Das Prinzip ist einfach zu verstehen und trotzdem können viele interessante Anwendungsbeispiele gezeigt werden. Das Thema ist klassisch integriert, das heisst, es kommen verschiedene Disziplinen zum Zug, um die verschiedenen Aspekte des Themas zu beleuchten.

Zum technischen Verständnis des Röntgens braucht es nur eine grundlegende Kenntnis der Röntgenstrahlen und der Schattenbildung. In der vorliegenden Einheit wurde besonderes Gewicht darauf gelegt, die Verwandtschaft von Röntgenstrahlen und sichtbarem Licht darzustellen. Auf diese Art und Weise können die Lernenden viele Eigenschaften, die sie vom Licht aus eigener Erfahrung kennen, auf die Röntgenstrahlen übertragen. Das Röntgenbild wird dann zu einer speziellen Form von Fotographie und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler kann direkt verwendet werden.

In der Tat gehören Röntgenstrahlen zum Spektrum der elektromagnetischen Wellen. Das Bild auf dem Arbeitsblatt zeigt, dass das sichtbare Licht nur ein kleiner Ausschnitt des gesamten Spektrums der elektromagnetischen Wellen ist. Diese Erkenntnis ist eine der herausragenden physikalischen Errungenschaften des 19. Jahrhunderts und mit dem Namen von James Clark Maxwell (*13. Juni 1831, † 5. November 1879) verbunden.

Röntgenstrahlen finden sich ganz auf der Seite der kurzwelligen elektromagnetischen Strahlen dieses Spektrums, weil sie sehr energiereich sind. Diese Eigenschaft führt auch dazu, dass sie für Substanzen durchlässig sind, die das Licht absorbieren. Damit wird der menschliche Körper, abgesehen vom Skelett, mehr oder weniger „durchsichtig“ für die Röntgenstrahlen. Trotzdem schwärzen aber Röntgenstrahlen herkömmliche Fotofilme, was die Grundlage für das Röntgenbild bildet.

Das Röntgenbild ist also eigentlich nichts anderes als das Festhalten der Schattenbildung durch den menschlichen Körper. Dort wo die Röntgenstrahlen stark absorbiert werden, ist das Röntgenbild hell. Dort wo die Röntgenstrahlen ungehindert durchgehen, ist das Röntgenbild dunkel. Es handelt sich also um ein Fotonegativ. Diese einfachen Prinzipien sind auch für Jugendliche ohne grosses Vorwissen verständlich. Daher ist die hier präsentierte Einheit auch für Schülerinnen und Schüler der ersten Sekundarklasse vom Typ B oder C geeignet.

Weitere fachliche Ergänzungen finden sich bei der Beschreibung der einzelnen Lektionen (2.1 und 2.2).

1.2 Material für Schülerinnen und Schüler

Arbeitsblätter (siehe Beilage):

1. Licht im Prisma
2. Schattenbilder, Negativ
3. Röntgenbilder zeichnen

1.3 Benötigte Materialien

Hellraumprojektor (HP)
Flipchart
Diaprojektor
Demonstrations-Skelett (bzw. Teile davon)
Beamer
Evtl. Video/DVD
Prisma-Versuchsmaterialien (Prisma, starke Lampe, Schlitzblende, Schirm)
Negative eines analogen Fotoapparates
Farbige Sichtmäppchen
Röntgenbilder
Anatomischer Torso

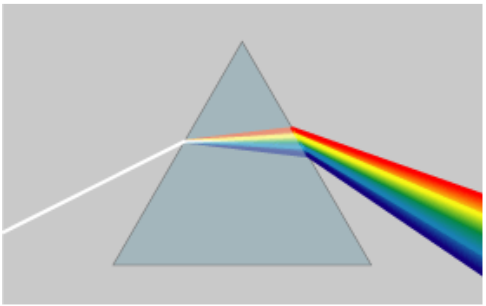
1.4 Vorbereitung vor den beiden Doppelstunden

→ Eigene Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler
Schülerinnen und Schüler schreiben über Erfahrungen und suchen eigene Röntgenbilder, die sie von zu Hause mitbringen.
Diese Sequenz findet im Vorfeld der eigentlichen Lektionsreihe statt. Die Schülerinnen und Schüler fragen in der Praxis ihres Haus- oder Kinderarztes nach eigenen Röntgenbildern und schreiben einen kurzen Text über eigene Erfahrungen mit dem Röntgen.[1] Dadurch werden sie auf die Einheit vorbereitet und verbinden die Thematik mit ihrer eigenen Lebenswelt.

[1] Bei Testdurchgängen brachten die Schülerinnen und Schüler eine erstaunliche Anzahl von eigenen Röntgenbildern mit und schrieben kleine Aufsätze über das damit zusammenhängende, persönliche Erlebnis.

2. Die Lektionsreihe zum Thema „Röntgen“

2.1 Lektion 1: *Einführung in das Thema Röntgen*

Min	Lektionsverlauf	Medien
20	Die Röntgenbilder der SuS (Schülerinnen und Schüler) auf den HP legen. Die Schüler erzählen ihre Geschichte dazu. Das Röntgenbild betrachten: Welche Knochen können die Schüler erkennen und dem menschlichen Skelett zuordnen?	Röntgenbilder HP
5	Die SuS formulieren Fragen zum Thema Röntgen. Die Fragen werden auf dem Flipchart oder der Wandtafel gesammelt. Die SuS ermutigen,auch „dumme“ Fragen zu stellen. • Wie funktioniert das Röntgen? • Wie schädlich sind Röntgenstrahlen? • Wieso heissen Röntgenstrahlen so? • Wozu brauchen wir Röntgenstrahlen? Fragen, die später auftauchen, werden ebenfalls in die Sammlung aufgenommen • Wie wurden Brüche diagnostiziert, bevor es Röntgenapparate gab? • Wenn man nichts sieht, welche Möglichkeiten gibt es noch? • Was sind Laserstrahlen? • Ist Licht auch ungesund? • Wie wird das Röntgenbild auf den Schirm projiziert?	
25	Schülerversuch: Gebrochenes Licht wird farbig 	Versuchsmaterial Optik Arbeitsblatt 1

Kommentare zu den einzelnen Abschnitten:

Berichte von Schülerinnen und Schülern
Schülerinnen und Schüler berichten über ihre eigenen Erfahrungen mit dem Röntgen. Aufbauend auf die vorangehende Materialsuche wird die Einheit damit eröffnet, dass Röntgenbilder auf den Hellraumprojektor gelegt werden. Der/die entsprechende Schüler/in berichtet dann der Klasse von seinem/ihrem eigenen Erlebnis. Da die Schülerinnen und Schüler dies bereits in einem kleinen Aufsatz dargelegt hatten, dürften die Erzählungen sehr ergiebig sein. Deshalb ist die wesentliche Herausforderung dieses Unterrichtseinstiegs, die vorgesehene Zeit von einer Viertelstunde nicht zu überschreiten.

Spektrum der elektromagnetischen Wellen
Es handelt sich hier um einen klassischen physikalischen Versuch, der demonstriert, dass weisses Licht durch ein Prisma in verschiedene Farben aufgespaltet werden kann. Der physikalische Hintergrund besteht darin, dass die einzelnen Spektralfarben bei der Brechung unterschiedlich stark gebrochen werden. In einem Prisma findet diese Brechung bei geeignetem Strahlengang zweimal statt, wodurch die verschiedenen Farben schön ersichtlich getrennt werden und auf einen Bildschirm projiziert ein eindrückliches Spektrum ergeben.

In den meisten Schulhäusern stehen Experimentierkästen für die Lernenden zur Verfügung, mit deren Hilfe auf einfache Art und Weise ein fokussierter Lichtstrahl in einem Prisma gebrochen und auf eine kleine Projektionsfläche projiziert werden kann. Der Versuch ist aber auch als klassischer Demonstrationsversuch sehr dankbar. Eventuell könnte man in diesem Zusammenhang auch über den Regenbogen reden, was vielleicht gerade einige der Schülerinnen vermehrt ansprechen könnte.

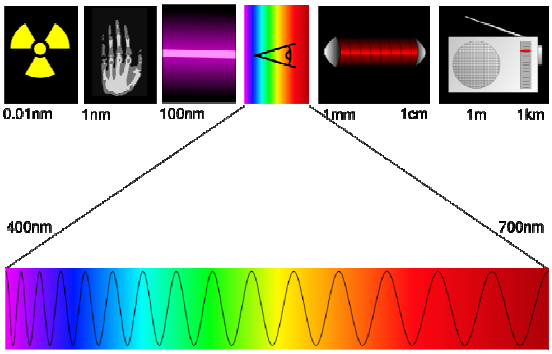
Die entsprechenden Aufgaben auf dem Aufgabenblatt geben den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit, ihre Experimentierergebnisse auf die entsprechende Skizze zu übertragen. Es ist wichtig, die Jugendlichen dabei anzuhalten, die Reihenfolge der einzelnen Farben genau zu beobachten. Die entsprechenden Schülerzeichnungen sind dann eine gute Ausgangslage, um das Spektrum auf dem Aufgabenblatt noch einmal zu betrachten. Wenn man das Arbeitsblatt nicht für alle Lernenden farbig kopieren kann /möchte, empfiehlt es sich zu den schwarz-weiss Kopien der Aufgabenblätter eine farbige Folie des Arbeitsblattes auf dem Hellraumprojektor zu legen. Die Schülerinnen und Schüler können so erneut den Verlauf der Spektralfarben überprüfen und stellen gleichzeitig fest, dass dieser sichtbare Bereich des farbigen Lichtes nur einen kleinen Teil des Spektrums ausmacht.

Viele der im Spektrum erwähnten Strahlenarten sind den Jugendlichen aus dem Alltag bekannt, so etwa die Radiowellen, die Mikrowellen, der Funk, aber auch die Infrarot- und Ultraviolettstrahlen. Dadurch wird der Übergang zu den Röntgenstrahlen auf ganz natürliche Art und Weise möglich. Röntgen ist dann einfach eine spezielle, besonders energiereiche Art von Licht.[2]

[2] Dass dieser Transfer tatsächlich stattfindet, zeigt sich z.B. an der spontanen Frage einer Schülerin. Sie überlegte sich nämlich, dass Röntgenstrahlen gefährlich sind, und fragte sofort zurück, ob denn Licht, beziehungsweise Strahlen von Mobiltelefonen, nicht ebenfalls gefährlich wären. Das bestätigt einerseits, dass die Lernenden die entsprechende Brücke schlagen und ist andererseits eine Möglichkeit, um über die Gefährlichkeit von Ultraviolettstrahlen und die vermutliche Ungefährlichkeit von Mobiltelefonstrahlen zu sprechen.

Mit dieser Sequenz werden die ersten beiden Stunden abgeschlossen. Die Schülerinnen und Schüler wurden mit dem Wesen der Röntgenstrahlung vertraut gemacht und sind darauf vorbereitet, dass man bestimmte Gesetzmässigkeiten der Röntgenstrahlung auch am sichtbaren Licht beobachten kann.

2.2 Lektion 2: *Sichtbares/unsichtbares Licht*

Min	Lektionsverlauf	Medien
5	Arbeitsblatt 1 von letzter Lektion aufgreifen, Ergebnisse des Schülerversuchs wiederholen (evtl. als Demonstrationsversuch)	Arbeitsblatt 1
10	sichtbares Licht, Infrarot, UV-Licht, Radiowellen, Röntgenlicht 	Arbeitsblatt 1 (3. Aufgabe)
30	**Arbeitsauftrag**[3] an die Schülerinnen und Schüler: Recherchiert im Internet und fertigt einen Steckbrief zu William Conrad Röntgen an. Dieser sollte die seine wichtigsten Daten, etwas zu seinem Leben, aber auch etwas zum Forscher Röntgen und zu seinen Entdeckungen enthalten.	
30	*Alternativ könnte auch eine DVD „Röntgenstrahlen“*[4] *gezeigt werden und anschliessend die Fragen auf dem Arbeitsblatt „Film“ diskutiert werden.*	

Hinweise:

Nützliche Internetquellen sind zum Beispiel:
http://www.med-archiv.de/persoenlichkeiten/roentgen.php
http://www.physikfuerkids.de/historie/roentgen/roent03.html
http://de.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Conrad_R%C3%B6ntgen
http://www.zm-online.de/m5a.htm?/zm/4_05/pages2/titel1.htm
http://www.oppisworld.de/zeit/biograf/roentgen.html

[3] An Stelle dieses Arbeitsauftrages kann man den Schülerinnen und Schülern auch arbeitsteilige Gruppenarbeiten mit anschliessender Präsentation in der Klasse geben. Folgende Themen wären zum Beispiel möglich: Lebenslauf von Wilhelm Conrad Röntgen, Entdeckung der X-Strahlen, Was sind Röntgenstrahlen? …

[4] Zum Beispiel vom Schweizer Schulfernsehen die erste Folge von „Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik“ mit dem Titel „Die Röntgenstrahlen“ (15 min), dieser Film kann z.B. in der Mediothek der PHZH (mediothek.zeltweg@phzh.ch) ausgeliehen werden (Beschreibung zum Film muss extra ausgeliehen werden).

2.3 Lektion 3: *Röntgenapparat bauen*

Min	Lektionsverlauf	Medien
5	Repetition: sichtbares Licht, unsichtbares Licht	
40	Gruppenarbeit: Röntgenapparat bauen Die Gruppen bauen mit Tischen, Flipchart-Bogen und Diaprojektor einen Röntgenapparat. Sie erhalten einen Arm, ein Bein, den Schädel oder den Rumpf eines Demonstrationsskelettes und zeichnen ein Röntgenbild. Zusätzlich zeichnen sie einen „Schaden“ ins Röntgenbild.	Diaprojektor Flipchart Filzstifte

Kommentare zu den einzelnen Abschnitten:

Schatten bei Frontalprojektion
Bereits Schülerinnen und Schüler der ersten Sekundarklasse sind mit dem Phänomen der Schattenbildung vertraut. Es geht hier also nur darum, die Verbindung zum Röntgenbild herzustellen.

Die Idee besteht darin, Teile eines Skeletts (z. B. einen Arm, der Schädel, oder die Wirbelsäule) mit einer starken Lichtquelle anzustrahlen und dadurch auf ein dahinter befestigtes Papier zu projizieren. Von der anderen Seite her können dann die Konturen der Skelettteile mit einem Filzstift nachgezeichnet werden. Bei der Gestaltung des Bildes auf dem Blatt Papier wird den Lernenden freie Hand gelassen. In der Regel stellen sie die Überlegungen zum Positiv bzw. Negativ selbst an, weil sie durch die Skelettkonturen sofort dazu animiert werden, das Imitat eines Röntgenbildes zu zeichnen. Eventuell fügen einzelne Jugendliche auch spontan „Knochenbrüche“ (z.B. in Form von schwarzen Zickzack-Linien) ein. Falls sie es nicht von sich aus tun, kann die Lehrperson dazu animieren.

Bei der Besprechung wird die Positiv-Negativ-Problematik aufgegriffen, indem die Lehrperson normale Negative eines analogen Fotoapparates verteilt. Alternativ kann man auch digitale Fotos mit einem Bildbearbeitungsprogramm[5] in ein Negativ verwandeln.
Für die praktische Durchführung des Versuchs eignen sich übrigens Tische, die so gekippt werden, dass das Projektionspapier an den Füssen befestigt werden kann und sich der/die Zeichnende dahinter setzt (siehe Foto).

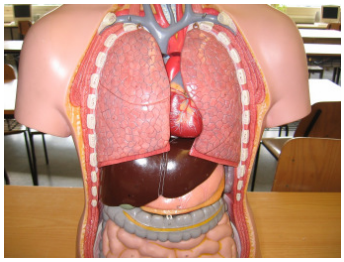
[5] zum Beispiel unter http://www.irfanview.de/ das kostenlose Programm IrfanView herunterladen, das Bild mit IrfanView öffnen und dann unter „Bild“ auf „Negativ erstellen“ klicken.

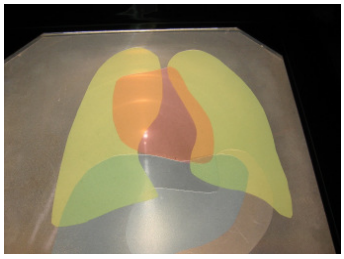
Anschliessend an diese Sequenz (z.B. als Hausaufgabe) bietet sich die Bearbeitung der beiden Aufgaben auf dem Aufgabenblatt 2 an. Hier wird die Schattenthematik einen Schritt weitergeführt: Es fügt sich die Überlegung an, dass mehrere, unterschiedlich durchlässige Gegenstände, die übereinander liegen, zu unterschiedlich starker Absorption und damit zu unterschiedlichen Röntgenbildern führen. Da bei der Lösung dieser Aufgabe die Positiv-Negativ-Problematik mit hineinspielt, muss den Schülerinnen und Schülern genügend Zeit eingeräumt werden. Am besten wird eine entsprechende Folie auf dem Hellraumprojektor aufgelegt, wo einzelne Schülerinnen und Schüler die einzelnen Abschnitte der Zeichnung im Klassengespräch korrekt schattieren können.

2.4 Lektion 4: *Schattenbilder*

Min	Lektionsverlauf	Medien
5 (10)	Besprechen bzw. Ausfüllen des Arbeitsblatts (Schattenbilder, Negativ)	Arbeitsblatt 2
20	Arbeitsblatt: Röntgenbild von inneren Organen	Arbeitsblatt 3 HP
10	Röntgenbilder betrachten und mit Hilfe des neu erworbenen Wissens diskutieren - Nochmals ausgewählte Röntgenbilder der SuS	HP Beamer
10 (5)	Rückblick auf die Fragen Welche Fragen sind beantwortet? Welche Fragen sind neu dazu gekommen?	

Kommentare zu den einzelnen Abschnitten:





Konkrete Zeichnung eines Thorax-Röntgenbildes
Diese Sequenz baut auf der Aufgabe des Arbeitsblattes 3 auf. Im Innern des Thorax (Brustkorbes) befinden sich die verschiedenen inneren Organe, die im Unterschied zu den Knochen nicht vollständig röntgendicht sind und deswegen unterschiedlich starke Schatten bilden. Zum Teil liegen sie übereinander und ihre Schattenbildung summiert sich an diesen Konturen. Um dies zu verdeutlichen, eignen sich Nachbildungen der einzelnen Organe, die aus verschiedenen, unterschiedlich farbigen Sichtmäppchen ausgeschnitten werden. So können z. B. die beiden Lungenflügel aus einem gelben Sichtmäppchen ausgeschnitten werden, das Herz aus einem grünen Sichtmäppchen, die Leber aus einem blauen Sichtmäppchen und so weiter. Ausgehend von der Skizze des Thorax auf dem Arbeitsblatt können nun diese einzelnen Organnachbildungen auf dem Hellraumprojektor in analoger Weise ineinander und aufeinander gelegt werden. Auf diese Art und Weise ergibt sich eine verblüffend realistische Schattierung der einzelnen Organe, die an die Wand projiziert einem richtigen

Thorax-Röntgenbild in Frontalaufnahme ähneln. Die Schülerinnen und Schüler werden dann angehalten, diese (farbige) Projektion sinngemäss in ein schwarz-weiss schattiertes Röntgenbild auf dem Arbeitsblatt zu übertragen.

Röntgenbilder der Schüler erneut betrachten
Die Lektionsreihe findet ihren Abschluss durch die Betrachtung von einigen weiteren Röntgenbildern von Schülerinnen und Schülern. Gut ist, wenn die Lehrperson ein mitgebrachtes Thorax Röntgenbild bis zu diesem Zeitpunkt aufgespart hat, damit dieses mit dem neu erworbenen Wissen interpretiert werden kann. Auch Röntgenbilder aus dem Internet eignen sich für eine Powerpoint-Show. Meist sind dort auch die entsprechenden Diagnosen angegeben. Bei unserem Probedurchgang war dafür allerdings keine Zeit mehr, wenn den eigenen Bildern der Schülerinnen und Schüler genügend Raum gegeben werden sollte.

3. Ergänzungen

3.1 Weiterführende Unterlagen

Links:

www.iap.uni-bonn.de/P2K/xray/making_xrays.html
www.physikfuerkids.de/historie/roentgen/index.html