

FWU - Schule und Unterricht/Arbeitsvideo

VHS 42 10520 / DVD 46 10520 15 min, Farbe



Elektromagnetische Wellen Arbeitsvideo / 3 Kurzfilme

FWU –
das Medieninstitut
der Länder



Lernziele

Die Schüler lernen das Phänomen der elektromagnetischen Wellen kennen. Sie verstehen die Gesamtheit dieser Wellen als ein kontinuierliches Spektrum der elektromagnetischen Strahlung, das neben dem sichtbaren Anteil, dem Licht, auch Strahlung mit längerer und kürzerer Wellenlänge enthält. Sie erfahren, dass Lichtwellen gebrochen werden können und sich das vorher weiße Licht dabei in alle Farben aufspaltet. Die Schüler lernen die langwellige Infrarotstrahlung sowie die noch längeren Mikrowellen und deren Anwendung in der Technik kennen. Sie lernen, dass auch kurzwelligere Strahlung genutzt werden kann, etwa die Röntgenstrahlen im Sicherheitsbereich sowie die Gammastrahlen in der Medizin.

Vorkenntnisse

Besondere Vorkenntnisse sind nicht erforderlich.

Zum Inhalt

1 Licht	4:05 min
2 Längere Wellen	4:40 min
3 Kürzere Wellen	5:00 min

1 Licht

Licht ist der Teil der elektromagnetischen Strahlung, der vom menschlichen Auge wahrgenommen werden kann. Dies sind die elektromagnetischen Wellen im Bereich von etwa 380-780 Nanometer (nm) Wellenlänge. Weißes Licht enthält alle Farbkomponenten des sichtbaren Spektrums. Diese werden sichtbar, wenn man das weiße Licht durch ein Prisma schickt. Die Strahlen werden beim Eintritt in das Prisma abgelenkt, man spricht dabei von Brechung. Die Brechung ist je nach Farbe unterschiedlich stark. So wird Blau stärker gebrochen als Rot. Durch die unterschiedlich starke Brechung (das Phänomen nennen die Physiker Dispersion)

fächert sich das Licht in die einzelnen Farbkomponenten auf, die unterschiedliche Wellenlängen haben:

Spektralfarben

Farbton	Wellenlänge
Violett	400 - 420 nm
Blau	420 - 490 nm
Grün	490 - 575 nm
Gelb	575 - 585 nm
Orange	585 - 650 nm
Rot	650 - 750 nm

Es gibt drei Grundfarben, die man auch Primärfarben nennt, nämlich Rot, Grün und Blau. Aus diesen Farben können alle anderen Farben (Sekundärfarben) geschaffen werden. Für viele Farben reichen dabei schon zwei Primärfarben aus. So ist zum Beispiel Magenta die Mischung aus Rot und Blau, Cyan ist das Produkt aus Blau und Grün. Alle drei Primärfarben in gleicher Intensität ergeben zusammen Weiß. Diese so genannte additive Farbmischung wird zum Beispiel beim Fernsehen eingesetzt. Die einzelnen Bildpunkte sind einfarbig, jeweils blau, rot oder grün. Durch Mischung dieser Bildpunkte kann jede beliebige Farbe erzeugt werden.

2 Längere Wellen

Nach Rot kommt im längerwelligen Bereich die Infrarotstrahlung, auch Wärmestrahlung genannt. Sie ist für das menschliche Auge unsichtbar. Allerdings kann sie durch spezielle Wärmebildkameras sichtbar gemacht werden. Solche Kameras kommen vor allem bei nächtlichen Einsätzen der Polizei oder des Bundesgrenzschutzes zum Einsatz, um flüchtige Personen oder Schleuserbanden aufzuspüren. Diese Kameras sind inzwischen so empfindlich, dass es sogar gelingt, tote Körper unter einer Schneedecke abzu-

bilden, da der Verwesungsprozess ein wenig Wärme erzeugt.

Mikrowellen haben Wellenlängen von bis zu einem Meter. Sie werden zum Beispiel im Mobilfunk eingesetzt. Das Radar liegt in diesem Wellenlängenbereich. In einem Mikrowellenherd kann Essen sehr schnell erwärmt werden. Die Wassermoleküle in der Nahrung absorbieren die Energie der Mikrowellen besonders gut und das Essen erwärmt sich.

Dies ist auch der Grund, warum die Forscher im Mikrowellenbereich so gut Astronomie betreiben können: Viele Moleküle im Weltall absorbieren Strahlung im Mikrowellenbereich. Die Astronomen können diese „Lücken“ in ihren Messungen erkennen und auf die jeweilige Molekülart schließen. So sind im Kosmos große Mengen von Wasser, aber auch organische Moleküle, ja sogar Aminosäuren gefunden worden.

Im Spektrum folgen nun die Radiowellen. Die bekannteste Radiowelle ist die Ultrakurzwellen, kurz UKW. Der lokale Rundfunk und das Fernsehen benutzen diese Wellen zur Übertragung ihrer Programme.

3 Kürzere Wellen

Auf der anderen Seite des sichtbaren Spektrums werden die Wellenlängen immer kürzer. Dem Violett folgt das Ultraviolett. Fällt die unsichtbare UV-Strahlung auf spezielle Steine, wird sie indirekt sichtbar. Die Steine absorbieren das UV-Licht. Die so aufgenommene Energie wird wieder abgestrahlt - und zwar mit einer Wellenlänge, die wir sehen können.

Leuchtstoffröhren arbeiten nach diesem Prinzip. Sie sind mit einer Schicht versehen, die fluoresziert, wenn sie UV-Strahlen ausgesetzt wird. Ohne diese Schicht sieht man nur ein wenig blaues Licht. Der Rest der Strahlung ist unsichtbar - bis sie auf die

fluoreszierende Schicht trifft, die sie in Licht verwandelt, das wir sehen können.

Diese Strahlung ist auch im Sonnenlicht enthalten und kann in hohen Dosen Sonnenbrand und im schlimmsten Fall Hautkrebs auslösen. Man unterteilt die ultraviolette Strahlung, kurz UV-Strahlung, in drei Anteile: UV-A, UV-B und UV-C. Der gefährlichste Anteil davon, das UV-C, wird von der Atmosphäre absorbiert. In kleinen Dosen bräunen die UV-A- und UV-B-Strahlen die Haut. Auch bei Hautkrankheiten wie Schuppenflechte oder Neurodermitis wird UV-Strahlung eingesetzt.

Röntgenstrahlung ist noch kurzweiliger. Röntgenstrahlen kann man durch starke Beschleunigung geladener Teilchen (meistens Elektronen) oder durch hochenergetische Übergänge in den Elektronenhüllen von Atomen und Molekülen erzeugen. Beide Effekte werden in der Röntgenröhre ausgenutzt. Dort werden Elektronen zunächst beschleunigt und treffen dann auf einen Metallblock, in dem sie stark abgebremst werden und Elektronen aus den Schalen der Metallatome ausschlagen. Beim Abbremsen entsteht Röntgenstrahlung, die so genannte Bremsstrahlung. Die Löcher in den Atomschalen, die durch das Ausschlagen von Elektronen entstanden sind, werden durch andere Elektronen aufgefüllt. Dabei entsteht Röntgenstrahlung mit einer elementspezifischen Energie (charakteristische Röntgenstrahlung). Mit Röntgenstrahlen kann der menschliche Körper durchleuchtet werden, wobei v. a. Knochen, aber bei modernen Geräten auch innere Organe sichtbar werden. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass das in den Knochen vorkommende Element Calcium mit $Z=20$ eine deutlich höhere Ordnungszahl hat als die Elemente, aus denen die weichen Gewebe hauptsächlich bestehen, nämlich

Wasserstoff ($Z=1$), Kohlenstoff ($Z=6$), Stickstoff ($Z=7$) und Sauerstoff ($Z=8$). Neben herkömmlichen Geräten, die eine zweidimensionale Projektion produzieren, werden auch die so genannten Computertomographen eingesetzt, die eine räumliche Rekonstruktion des Körperinneren ermöglichen. Röntgenstrahlung ist ionisierend, sie kann dadurch Veränderungen im lebenden Organismus bis hin zu Krebs verursachen. Noch kurzweiliger und damit energiereicher ist die Gammastrahlung. Auch sie findet Anwendung in der medizinischen Diagnostik.

Hintergrundinformationen

Im Gegensatz zu Schallwellen handelt es sich bei elektromagnetischen Wellen, wie bei Wasserwellen, um Transversalwellen. Das heißt, dass Ausbreitungsrichtung und Schwingungsrichtung senkrecht zueinander stehen, was am Phänomen der Polarisierung bemerkbar wird.

Physikalisch betrachtet sind elektromagnetische Wellen sich ausbreitende Schwingungen des elektromagnetischen Feldes. Dabei stehen das elektrische und magnetische Feld senkrecht aufeinander und haben ein festes Größenverhältnis. Insbesondere verschwinden das elektrische und das magnetische Feld an denselben Orten zur selben Zeit. Die Entstehung elektromagnetischer Wellen erklärt sich aus den Maxwell-Gleichungen: Die zeitliche Änderung des elektrischen Feldes ist stets mit einer räumlichen Änderung des magnetischen Feldes verknüpft. Ebenso ist wiederum die zeitliche Änderung des magnetischen Feldes mit einer räumlichen Änderung des elektrischen Feldes verknüpft. Für periodisch (insbesondere sinusförmig) wechselnde Felder ergeben diese Effekte zusammen eine fortschrei-

tende Welle. Das Besondere an der elektromagnetischen Welle (beispielsweise im Vergleich zu einer Schallwelle oder Wasserwelle) ist, dass kein Medium vorhanden sein muss; eine solche Welle kann sich also im absolut leeren Raum fortpflanzen. Daher erreicht uns das Sonnenlicht auch fast ungehindert. Im Vakuum breitet sich eine elektromagnetische Welle mit der Vakuumlichtgeschwindigkeit von 299.792.458 Metern pro Sekunde aus. Dieser Wert ist wirklich so exakt, da die Einheit Meter durch die Lichtgeschwindigkeit definiert ist.

Eine wichtige Kennzahl für eine elektromagnetische Welle ist deren Frequenz. Sie gibt an, wie oft die Welle pro Sekunde schwingt. Die Energie der elektromagnetischen Strahlung wird von deren Frequenz bestimmt: Energie und Frequenz sind direkt proportional. Je höher die Frequenz, desto mehr Energie besitzt die Welle. Frequenz und Wellenlänge hingegen sind indirekt proportional zueinander. Das bedeutet: Je kürzer die Wellenlänge, desto energiereicher sind also die elektromagnetischen Wellen. Die Energie wird in Elektronenvolt angegeben.

Diese Zusammenhänge gelten nicht nur für den sichtbaren Bereich, sondern für das gesamte elektromagnetische Spektrum. Jeder Körper strahlt elektromagnetische Wellen ab. Welche Wellen er besonders stark abstrahlt, hängt von seiner Temperatur ab. Je heißer der Körper, desto kurzweiliger ist die Strahlung, die am meisten emittiert wird. Dieses Phänomen kann man an einer heißen werdenden Herdplatte erkennen. Zunächst wird sie nur warm. Diese Wärmestrahlung kann man nicht sehen, aber spüren. Dann färbt sich die Herdplatte langsam dunkelrot. Neben der Wärmestrahlung wird nun auch sichtbare Strahlung, nämlich rotes Licht, abgegeben. Erhitzt sich die Platte wei-

ter, verschiebt sich die Farbe langsam vom roten bis hin in den leicht bläulichen Bereich. Das abgegebene Spektrum der elektromagnetischen Strahlung kann man somit zur Temperaturmessung benutzen. Zum Beispiel in der Astronomie: Für das Auge unsichtbare Objekte, wie etwa Gaswolken, strahlen sehr oft Mikrowellenstrahlung ab. Sie sind begehrte Forschungsobjekte in der Radioastronomie. Andere Himmelskörper strahlen im Infrarotbereich oder im sichtbaren Bereich. Bei Sternen kann man anhand der Farbe auf ihre Oberflächentemperatur schließen - gelbe Sterne sind heißer als rote Sterne. Blaue Sterne sind noch heißer. Ganz heiße Objekte strahlen vor allem im Röntgen- und Gammabereich. Da diese Strahlung für das menschliche Auge unsichtbar ist, sind diese Himmelsobjekte, wie zum Beispiel Neutronensterne, unsichtbar.

Verwendung im Unterricht

Anhand des Arbeitsvideos können im Unterricht vertiefend folgende Fragen behandelt werden:

1. Was unterscheidet Licht von unsichtbarer elektromagnetischer Strahlung?
2. Warum kann man mit einem Prisma weißes Licht in die Spektralfarben zerlegen?
3. Wie entsteht ein Regenbogen?
4. Wie kann ein Fernseher alle Farben darstellen?
5. Warum nennt man die Infrarotstrahlung auch Wärmestrahlung?
6. Warum kann man mit Mikrowellen Essen erhitzen?
7. Warum macht Röntgenstrahlung die Knochen so gut sichtbar?
8. Was strahlt mehr Infrarotstrahlung ab: eine Katze oder eine Forelle?
9. Was ist ionisierende Strahlung und warum ist sie so gefährlich?

Bearbeitete Fassung und Herausgabe

FWU Institut für Film und Bild, 2005

Produktion

YITM

im Auftrag der European Broadcasting Union

Regie

Richard Mande

Kamera

Geoff Perry

Schnitt

Adrian Bleasdale

Grafik

Jacqueline Hilton

Neil Robinson

Bildnachweis

IFA-Bilderteam

Bearbeitung und Begleitheft

Christian Friedl

Pädagogischer Referent im FWU

Michael Süß

Verleih durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen, Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild, Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2005

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltasteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-300
E-Mail info@fwu.de
vertrieb@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiseltasteig
Bavariafilmplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon (0 89) 64 97-1
Telefax (0 89) 64 97-300
E-Mail info@fwu.de
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für
unseren Vertrieb:**

Telefon (0 89) 64 97-4 44
Telefax (0 89) 64 97-2 40
E-Mail vertrieb@fwu.de

Laufzeit: 15 min
3 Kurzfilme
Sprache: deutsch

**Systemvoraussetzungen
bei Nutzung am PC**
DVD-Laufwerk und
DVD-Player-Software,
empfohlen ab WIN 98

GEMA

Alle Urheber- und
Leistungsschutzrechte
vorbehalten.
Nicht erlaubte/genehmigte
Nutzungen werden zivil- und/oder
strafrechtlich verfolgt

**LEHR
Programm
gemäß
§ 14 JuSchG**

FWU - Schule und Unterricht

- VHS 42 10520
- DVD-VIDEO 46 10520
- ■ Paket 50 10520 (VHS 42 10520 + DVD 46 10520)

15 min, Farbe

Elektromagnetische Wellen

Der Film beschreibt anhand vieler Beispiele aus dem täglichen Leben die unterschiedlichen Bereiche des elektromagnetischen Spektrums. Den sichtbaren Bereich können wir z. B. in einem Regenbogen bewundern. Es wird gezeigt, wie mithilfe von Filtern die Primärfarben dargestellt werden können und durch Mischung die übrigen Farben entstehen. Außerhalb des sichtbaren Bereichs liegen z. B. die Mikrowellen und die Radiowellen, die wir für verschiedene Anwendungen des Alltags nutzen. Eine geringere Wellenlänge als das (für uns) sichtbare Licht weist die UV-Strahlung auf, die z. B. in Leuchtstoffröhren verwendet wird. Röntgen- und radioaktive Strahlung finden z. B. in der Medizin eine Anwendung.

Schlagwörter

Wellen, Elektromagnetisches Spektrum, Wellenlänge, Energie, Licht, Infrarot, Mikrowellen, Ultraviolett, UV-Licht, Röntgenstrahlen, Gammastrahlen, Brechung, Fluoreszenz, Primärfarben, Sekundärfarben, Prisma

Physik

Optik • Wellenoptik, Farbenlehre, Technische Anwendungen

Allgemeinbildende Schule (7-13)
Erwachsenenbildung

Weitere Medien

42 01106 Additive und subtraktive Farbmischung. VHS-Video
42/46 10440 Wellen, Reflexion und Brechung. VHS- / DVD-Video
66 00470 Physik 1 - Strahlenoptik. CD-ROM
66 00430 phenOpt. CD-ROM