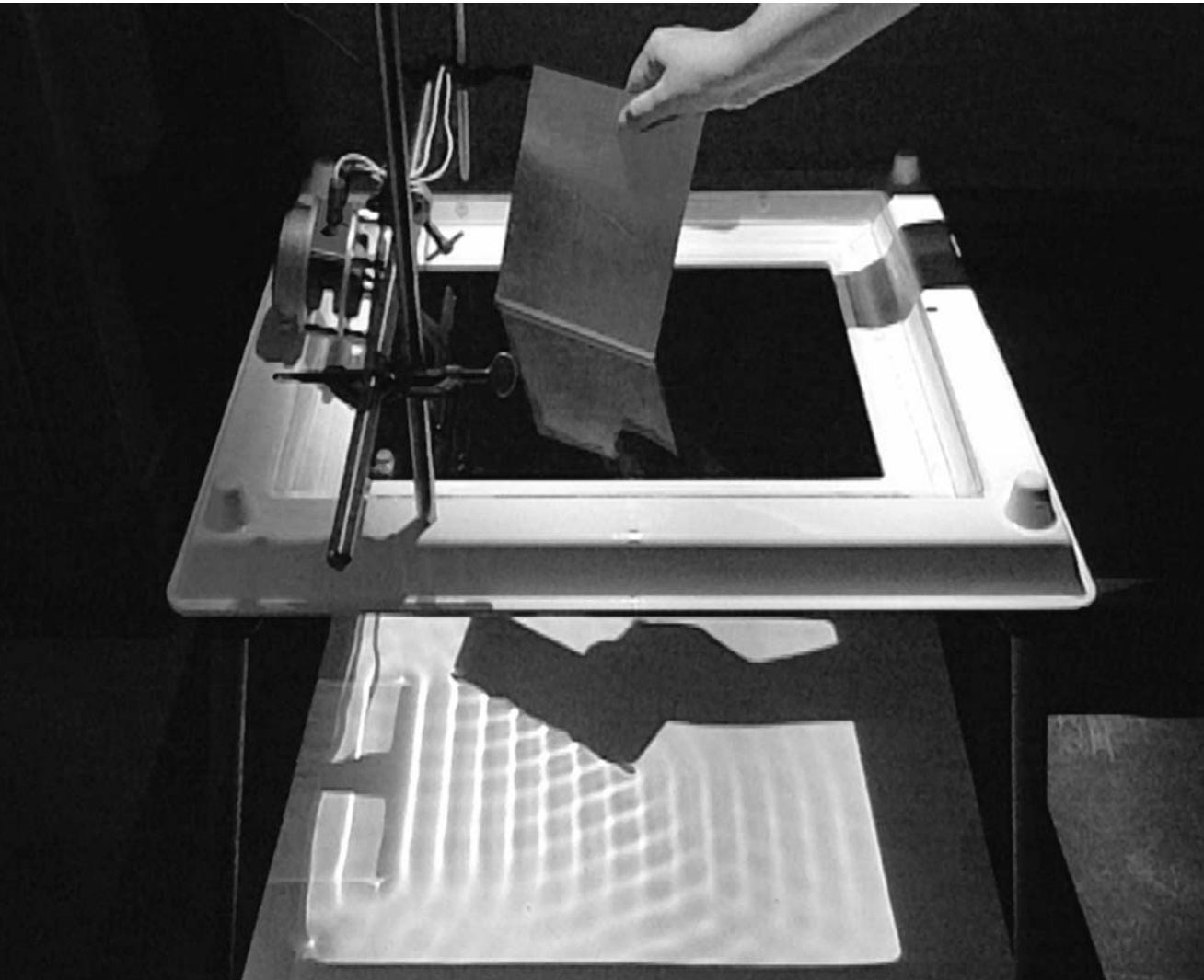


VHS 42 10440 / DVD 46 10440 14 min, Farbe



Wellen, Reflexion und Brechung

FWU –
das Medieninstitut
der Länder



Lernziele

Die Schüler lernen die Charakteristika einer Welle wie Frequenz und Wellenlänge. Sie erfahren, dass Wellen Energie, jedoch keinen Stoff transportieren. Sie wissen die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Querwellen und Längswellen und können diese Wellentypen natürlich vorkommenden Phänomenen zuordnen. Sie können Welleneigenschaften wie Brechung und Reflexion sowie deren Anwendungen in Natur und Technik beschreiben. Sie lernen die Bedingungen für das Eintreten der Totalreflexion kennen und können den Einsatz von Totalreflexion in der Technik erläutern.

Vorkenntnisse

Die wichtigsten Begriffe der Beschreibung von Wellen (Wellenlänge, Frequenz, Ausbreitungsgeschwindigkeit) sollten bekannt sein.

Zum Inhalt

1 Wellentypen

Der Film beginnt mit bekannten Wellenphänomenen, die die Kraft der Wasserwellen oder der Erdbebenwellen zeigen. Mit Hilfe einer Wellenwanne wird die Querwelle (Transversalwelle) erläutert und dann grundlegende Eigenschaften dieser Welle erklärt. Dazu gehört, dass im Fall der Querwelle wie zum Beispiel einer Wasserwelle die Schwingungsrichtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung ist. Das Phänomen der Längswelle (Longitudinalwelle) wird anhand einer Feder demonstriert. Hier sind Ausbreitungsrichtung und Schwingungsrichtung parallel. Dem Schüler wird erklärt, dass Wellen zwar Energie übertragen können, jedoch keine Masse.

2 Reflexion

Im zweiten Teil des Films geht es um Reflexion. Einleitende Beispiele von Lichtspiegelungen zeigen das Phänomen. Dann werden

Experimente gezeigt. Wie im ersten Teil spielt hierbei die Wellenwanne eine große Rolle. Die Schatten von Wasserwellen am Boden der Wanne zeigen, wie Wasserwellen von einer Platte reflektiert werden. Dabei ist zu beachten, dass der Einfallswinkel gleich dem Ausfallswinkel ist.

Der Film zeigt anhand einiger Beispiele, dass Reflexion in der Natur aber auch in der Technik angewendet wird: man sieht Fledermäuse bei der Beutesuche, die Funktionsweise des Echolots in der Schifffahrt und eine Ultraschalluntersuchung bei einer Schwangeren.

3 Brechung

Der dritte Teil des Films behandelt die Brechung. Mit Hilfe eines Lichtstrahls und eines Glasblocks wird gezeigt, wie eine Welle beim Übergang in ein anderes Medium - in diesem Falle beim Übergang von Luft zu Glas - gebrochen wird. Anhand von Plastikstäben, die in eine Wasserwanne gehalten werden, kann man erfahren, dass die Lichtbrechung einen krummen Stab gerade und einen geraden Stab krumm aussehen lässt. Auch hier verweist der Film auf eine Anwendung in der Natur: Ohne die Berechnung der Brechung des Lichts könnten Vögel wie z. B. die Tölpel kaum einen Fisch fangen, da aus der Luft betrachtet sich der Fisch woanders aufhält als in Wirklichkeit.

Mit Hilfe des Glasblocks wird auch die Totalreflexion gezeigt: der in den Glasblock hinein gebrochene Lichtstrahl kann ab einem bestimmten Winkel nicht mehr aus dem Glasblock austreten. Beispiele veranschaulichen dieses Phänomen, so zum Beispiel ein Lichtstrahl in einem Wasserstrahl und Licht in einer Glasfaser. Mit der großen technischen Bedeutung der Glasfaser als Lichtleiter für die Telekommunikation endet der Film.

Ergänzende Informationen:

Physik der Wellen

Wellen werden üblicherweise durch die Wellenlänge (λ), Wellenzahl ($1/\lambda$), Frequenz (ν), Ausbreitungsgeschwindigkeit (c) und durch die Amplitude (A) bestimmt. Die Wellenlänge λ ist der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Punkten einer Welle, die in Phase schwingen - also zu ein und derselben Zeit den gleichen Schwingungszustand besitzen. Die Wellenzahl $1/\lambda$ ist der Kehrwert der Wellenlänge. Diese Zahl beschreibt praktisch die Anzahl ganzer Wellen pro Längeneinheit. Die Frequenz ν gibt die Anzahl der in gleicher Phase befindlichen Wellenflächen pro Sekunde an. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit c ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Welle vom Wellenzentrum aus in einem Medium bzw. im Vakuum fortpflanzt. So beträgt beispielsweise die Schallgeschwindigkeit bei Normaldruck (1 bar) und einer Temperatur von 0 °C in Luft 331 Meter pro Sekunde. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum liegt etwa bei 300 000 Kilometer pro Sekunde. Unter dem Begriff Amplitude A versteht man die Schwingungsweite, also den maximal erreichten Abstand von der Mittellage.

Erdbeben

Erdbeben pflanzen sich als Wellen fort. Am schnellsten (4-8 km/s) laufen die P-Wellen (von lateinisch *undae primae*: die ersten Wellen), sie erreichen den Beobachter als erste. Es handelt sich dabei um Längswellen, d. h., sie versetzen das Gestein in eine Schwingung parallel zur Ausbreitungsrichtung der Wellen. Mit halber Geschwindigkeit folgen die S-Wellen (von lateinisch *undae secundae*: die zweiten Wellen), das sind Querwellen; sie versetzen das Gestein in eine Schwingung senkrecht zur Fortpflan-

zungsrichtung der Wellen. Erdbebenstationen messen den zeitlichen Abstand, mit dem P- und S-Wellen eintreffen, und errechnen daraus die Entfernung des Herdes. Während P- und S-Wellen durch das Erdinnere laufen, pflanzen sich die L-Wellen (von lateinisch *undae longae*: lange Wellen) entlang der Erdoberfläche aus. Sie erreichen den Beobachter zuletzt und bewirken die größte Zerstörung. (Ergänzend könnten zu diesem Thema Kurzfilme aus dem Arbeitsvideo 42 02601 *Erdbeben* gezeigt werden.)

Tsunami-Wellen

Vermutlich wird eine solche große Ozeanwelle ausgelöst, wenn der Ozeanboden im Zuge eines Erdbebens schräggestellt oder versetzt wird. Eine weitere Ursache ist ein untermeerischer Bergsturz oder Vulkanausbruch. Die meisten Tsunamis entstehen entlang der so genannten zirkumpazifischen Zone, einer Zone der Vulkane und seismischer Aktivität, die 32 500 Kilometer lang ist und den Pazifischen Ozean säumt. Tsunamis treten selten auf, haben dann aber eine große Energie. Sie können Hunderte von Kilometern über die Tiefsee zurücklegen und dabei Geschwindigkeiten von etwa 725 bis 800 Stundenkilometern erreichen. Bei ihrem Einlaufen in seichte Küstengewässer wächst die Welle, die auf dem offenen Meer vielleicht nur etwa einen halben Meter hoch war, plötzlich rasch an. Bis sie die Küste erreicht, kann sie zu einer Wassermauer geworden sein, die sich 15 Meter oder höher auftürmt und ganze Küstensiedlungen zerstören kann. Tsunamis wurden früher irrtümlicherweise Flutwellen genannt, haben aber mit dem tageszeitlichen Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser nichts zu tun. Der Name Tsunami kommt aus dem Japanischen, *Tsu* heißt Hafen und *Nami* Welle.

Satellitenfernsehen

Für den Empfang von Satelliten-TV-Programmen gibt es heute im Prinzip zwei Möglichkeiten: 1. den direkten Empfang über „Satellitenschüssel“ (dies wäre das eigentliche Satellitenfernsehen); und 2. über das so genannte Kabelfernsehen.

Bodenstationen übertragen zunächst über relativ große Parabolantennen die in Signale umkodierte Fernsehsendungen zum Satelliten. Dabei müssen die Signale mehrere Schichten der Atmosphäre durchdringen. Das ist nur mit sehr hochfrequenten Wellen (Mikrowellenband) möglich, der Frequenzbereich liegt zwischen zehn und 13 Gigahertz (ein Gigahertz entspricht einer Milliarde Hertz). Noch höhere Frequenzen verwendet man nicht, weil bereits ab 15 Gigahertz der atmosphärische Wasserstoff, der im Wasser enthalten ist, die Ausbreitung von Wellen oberhalb dieses Bereichs verhindert. Die Signale werden von dem Satelliten empfangen und an die Sendeeinheit des Satelliten weitergeleitet. Typische Fernsehsatelliten sind in der Lage, mindestens 16 TV-Programme und den dazugehörigen Ton zu empfangen und zu senden.

Über die Transponder werden die Signale zu den Empfangsstationen auf der Erde gesandt. Beim Kabelfernsehen sind dies große Bodenstationen, die mit dem Kabelnetz verbunden sind und die entsprechenden Sendungen in dieses Netz einspeisen. Beim Direktempfang werden die jeweiligen privaten Haushalte mit Satellitenempfangsanlage zu kleinen Bodenstationen. Die Empfangsanlage besteht im Wesentlichen aus einer Parabolantenne („Satellitenschüssel“) und einem Satellitenempfangsgerät (dem Receiver). Die Parabolantenne benötigt ein Empfangsgerät, das die ankommenden Signale verstärkt und umwandelt. Dieses Gerät nennt man LNB. Es befindet sich genau im Brennpunkt der Schüssel.

Radar

Der Ausdruck Radar, die Kurzform für „radar detection and ranging“ (Aufspüren und Orten mit Hilfe von Radiowellen), wurde im 2. Weltkrieg von den alliierten Truppen für verschiedene Geräte verwendet. Diese Geräte zeigen nicht nur die Anwesenheit und die Entfernung von Objekten an, sondern stellen auch ihre Position im Raum, ihre Form, Größe, Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung fest. Zwar wurde das Radar ursprünglich für den Krieg entwickelt, doch setzt man es heute in vielen Zivilbereichen ein, z. B. für Navigation, Luftverkehrsüberwachung, Bestimmung von Wetterlagen. Alle Radarsysteme enthalten einen hochfrequenten Radiosender, der einen elektromagnetischen Strahl in Wellenlängen von einigen Zentimetern bis ungefähr einen Meter aussendet. Objekte, auf die der Strahl auftrifft, werfen die Wellen zum Sender zurück. Die Funktionsweise des Radars baut auf die Gesetze der Reflexion von Radiowellen auf. Sie sind in den Gleichungen über das Verhalten elektromagnetischer Wellen verankert, die der britische Physiker James Clark Maxwell 1864 aufstellte. Diese Grundlagen konnten zum ersten Mal 1886 durch Experimente von Heinrich Hertz veranschaulicht werden. Christian Hülsmeier schlug als erster den Einsatz von Radioechos für ein Erfassungsgerät vor, das Kollisionen bei der Navigation auf See vermeiden sollte. Radiowellen bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit (ca. 300 000 Kilometer pro Sekunde). Ein Radarsystem besteht aus einem Sender, einer Antenne, einem Empfänger und einem Anzeigegerät. Im Unterschied zum Rundfunk, bei dem ein Sender Radiowellen abgibt, die von einem Empfänger abgefangen werden, befinden sich Radarsender und -empfänger üblicherweise am gleichen Ort. Der Sender gibt elektromagnetische Wellen über eine Antenne ab, die

sie zu einem Strahl bündelt und in die gewünschte Richtung lenkt. Treffen die Wellen auf ein Objekt, werden einige davon reflektiert und erzeugen ein Echosignal. Die Antenne nimmt die im Echosignal enthaltene Energie auf und leitet sie an den Empfänger weiter. Nachdem die Energie elektronisch verstärkt und durch einen Computer verarbeitet wurde, erzeugt der Radarempfänger ein sichtbares Signal auf dem Bildschirm des Anzeigeräts.

Ultraschall

Ultraschall sind Schallwellen, deren Frequenzen im Allgemeinen über 20 000 Hertz liegen und daher für das menschliche Ohr nicht hörbar sind. Mit modernen Ultraschallgeneratoren kann man Frequenzen von bis zu einigen Gigahertz (Abkürzung: GHz) erreichen; ein Gigahertz entspricht einer Milliarde Hertz. Hierbei werden elektrische Wechselströme der betreffenden Frequenz in mechanische Schwingungen umgesetzt. Zum Nachweis und zur Frequenzbestimmung von Ultraschall verwendet man z. B. einen piezoelektrischen Empfänger. Der Ultraschall wird inzwischen in vielen Bereichen angewandt, so in Physik, Chemie, Technik, Materialwissenschaft und Medizin. Ultraschallwellen nutzt man auch beim Sonar für Forschungs- und Navigationszwecke oder beispielsweise zum Aufspüren von Fischeschwärmen. Zu den physikalischen und technischen Anwendungen zählen die Bestimmung von Materialeigenschaften wie Kompressibilität, Verhältnis von spezifischen Wärmekapazitäten oder Elastizität. Ultraschallwellen dienen außerdem zum Erzeugen von Emulsionen, etwa beim Homogenisieren von Milch oder bei der Produktion photographischer Filme, sowie zur Suche nach Materialfehlern in Werkstoffen. Mit Hilfe von Ultraschall mit Frequenzen im Gigahertzbereich kann man im Ultraschall-

mikroskop noch Details von nur einem Mikrometer (ein millionstel Meter) Größe erkennen. Akustische Oberflächenwellen haben wichtige Anwendungen bei elektronischen Steuerungseinrichtungen.

Ultraschallwellen können auch auf den Körper gerichtet werden. Beim Auftreffen auf die Gewebeoberfläche kommt es zu einer Frequenzänderung des reflektierten Strahles. Das so erzeugte Schallreflexionsmuster wird in einem Computer verarbeitet und in bewegte Bilder oder eine Photographie umgesetzt. Die Schallwellen werden von schnell oszillierenden Kristallen im elektrischen Wechselfeld erzeugt und liegen im Frequenzbereich von über 20 Kilohertz, also oberhalb der menschlichen Hörgrenze. Der Kristall schwingt etwa 500mal pro Sekunde. Ein Schallkopf dient zur Übertragung der Schallwellen und als Empfänger der Echos (Schallreflexion). Die Ultraschallquelle muss nahe an die Haut gebracht werden. Zur Verbesserung der Akustik wird bei der Ultraschalldiagnose eine gallertartige Substanz auf die Haut aufgetragen. Luft, Knochen und andere mineralisierte Gewebe absorbieren Ultraschallstrahl nahezu vollständig. Aus diesem Grund eignet sich dieses Diagnoseverfahren nicht zur Untersuchung von Knochen oder der Lunge. Flüssigkeiten dagegen leiten Ultraschallwellen gut, so dass diese Technik für die Diagnose von Zysten oder zur Untersuchung anderer flüssigkeitshaltiger Körperstrukturen, beispielsweise der Blase oder Gallenblase, sowie zur Darstellung des Fetus in der Fruchtblase Anwendung findet.

Ultraschall eignet sich ferner zur Untersuchung des arteriellen und venösen Gefäßsystems, des Herzens, der Bauchspeicheldrüse, Bauchhöhle, Harnwege, Eierstöcke, des Gehirns und des Rückenmarkes. Das bekannteste Anwendungsgebiet ist die Gynäkologie mit der Untersuchung des Fetus

während der Schwangerschaft. Die Ultraschalldiagnostik des Herzens wird als Echokardiographie bezeichnet. Damit lassen sich angeborene Herzfehler, Herzgefäßerkrankungen, Herztumore und andere Störungen erkennen. Ultraschall dient auch zur optischen Kontrolle bestimmter chirurgischer Eingriffe, z. B. bei der Amnioskentese (Punktion der Fruchtblase zur Entnahme von Fruchtwasser) oder bei der Einführung einer Biopsienadel in einen bestimmten Körperbereich.

Alle Fledermäuse orientieren sich durch Ultraschallortung, und die insektenfressenden Arten fangen auf diese Weise auch ihre Beute. Sie senden hochfrequente Tonimpulse aus, die als Echo von der Umgebung reflektiert und von den Ohren der Fledermaus aufgenommen werden. So ortet eine Fledermaus beispielsweise die Position eines vor ihr befindlichen Insekts und seine Bewegungsrichtung und kann sogar feststellen, um was für ein Insekt es sich handelt. Fledermäuse „sehen“ ihre Umwelt sozusagen mit dem Gehör. Daher verlieren sie auch in völliger Dunkelheit nie die Orientierung. Die Laute werden im Kehlkopf gebildet und entweder durch Mund oder Nase ausgestoßen.

Fragen zum Film

1. Erkläre den Unterschied zwischen einer Quer- und einer Längswelle!
2. Ordne folgende Wellen den Quer- oder Längswellen zu: Wasserwelle, Schallwelle, Radar, Lichtwelle, Ultraschall, Radiowellen, Röntgenwellen.
3. Was ist Ultraschall? Nenne Verwendungsmöglichkeiten!
4. Licht verhält sich mal wie eine Welle, mal wie Teilchen. Wie verhält es sich bei Reflexion und wie bei Brechung?

5. Warum kann man Licht in einem Wasserstrahl „einfangen“?
6. Wie schnell kann man in der Telekommunikation mit Hilfe von Glasfaserkabeln Daten übertragen?
7. Versuche eine Skizze zum Zaubertrick mit dem Cocktail zu entwerfen. Die für den Trick notwendige Anordnung soll zu erkennen sein.

Zu 1. Bei der Querwelle steht die Schwingungsrichtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, bei der Längswelle sind Schwingungsrichtung und Ausbreitungsrichtung parallel.

Zu 2. Wasserwelle (quer), Schallwelle (längs), Radar (quer), Lichtwelle (quer), Ultraschall (längs), Radiowellen (quer), Röntgenwellen (quer).

Zu 3. Ultraschall sind Schallwellen, deren Frequenzen im Allgemeinen über 20 000 Hertz liegen und daher für das menschliche Ohr nicht hörbar sind. Verwendungsmöglichkeiten: Medizinische Diagnostik (z. B. Untersuchungen während der Schwangerschaft) und Therapie (z. B. zum Zertrümmern von Nierensteinen), Echolot (Sonar).

Zu 4. Licht wird reflektiert wie ein Billardball: der Einfallswinkel ist gleich dem Ausfallswinkel. Es verhält sich also wie Teilchen. Wird Licht hingegen gebrochen, verhält es sich wie eine Welle.

Zu 5. Ab einem bestimmten Winkel zur Grenzschicht zwischen dem Wasser und dem Außenmedium Luft wird der Lichtstrahl nicht mehr gebrochen, sondern gänzlich wieder in das Wasser reflektiert. Dies nennt man Totalreflexion.

Zu 6. Mit Lichtgeschwindigkeit, weil das Medium, das man überträgt, Licht ist.

Zu 7. Die Kontrolle kann anhand des entsprechenden Standbildes erfolgen.

Herausgabe

FWU Institut für Film und Bild, 2004

Produktion

YITM

im Auftrag der European Broadcasting Union

Regie

Richard Maude

Grafik

Jacqueline Hilton

Neil Robinson

Bearbeitung

Christian Friedl

Begleitkarte

Christian Friedl

Pädagogische Referentin im FWU

Karin Lohwasser

Verleih durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen,
Medienzentren und konfessionelle Medienzentren

Verkauf durch FWU Institut für Film und Bild,
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2004

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH

Geiseltalstraße 3

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

Geiseltalsteig
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

FWU - Schule und Unterricht

- VHS 42 10440
- DVD-VIDEO 46 10440
- ■ Paket 50 10440 (VHS 42 10440+ DVD 46 10440)

25 min, Farbe

Wellen, Reflexion und Brechung

Im ersten Teil des Filmes zeigen historische Aufnahmen die drastischen Auswirkungen, die Wellen in der Natur haben können. Anhand von Versuchen werden die Phänomene der Querwellen und der Längswellen erklärt. Der zweite und dritte Teil des Filmes erläutert die Gesetzmäßigkeiten von Reflexion und Brechung, wobei Inhalte und Anwendungen sowohl mit Animationen als auch mit Realaufnahmen verdeutlicht werden.

Schlagwörter

Welle, Längswelle, Longitudinalwelle, Querwelle, Transversalwelle, Wellenlänge, Frequenz, Reflexion, Ultraschall, Echolot, Satelliten-Fernsehen, Brechung, Totalreflexion, Telekommunikation, Glasfaserkabel

Physik

Klassische Mechanik • Schwingungen, Wellen, Akustik • Wellenoptik

Allgemeinbildende Schulen (7-10)

Weitere Medien

- 42 02899 Vom Klang der Geige: Schallerzeugung und Resonanz, VHS, 27 min
- 42 02898 Schall-Instrumente-Musik, VHS, 19 min
- 66 00430 phenOpt, CD-ROM
- 42 02601 Erdbeben, Arbeitsvideo / 11 Kurzfilme, VHS, 33 min

GEMA

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

**LEHR-
Programm
gemäß
§ 14 JuSchG**