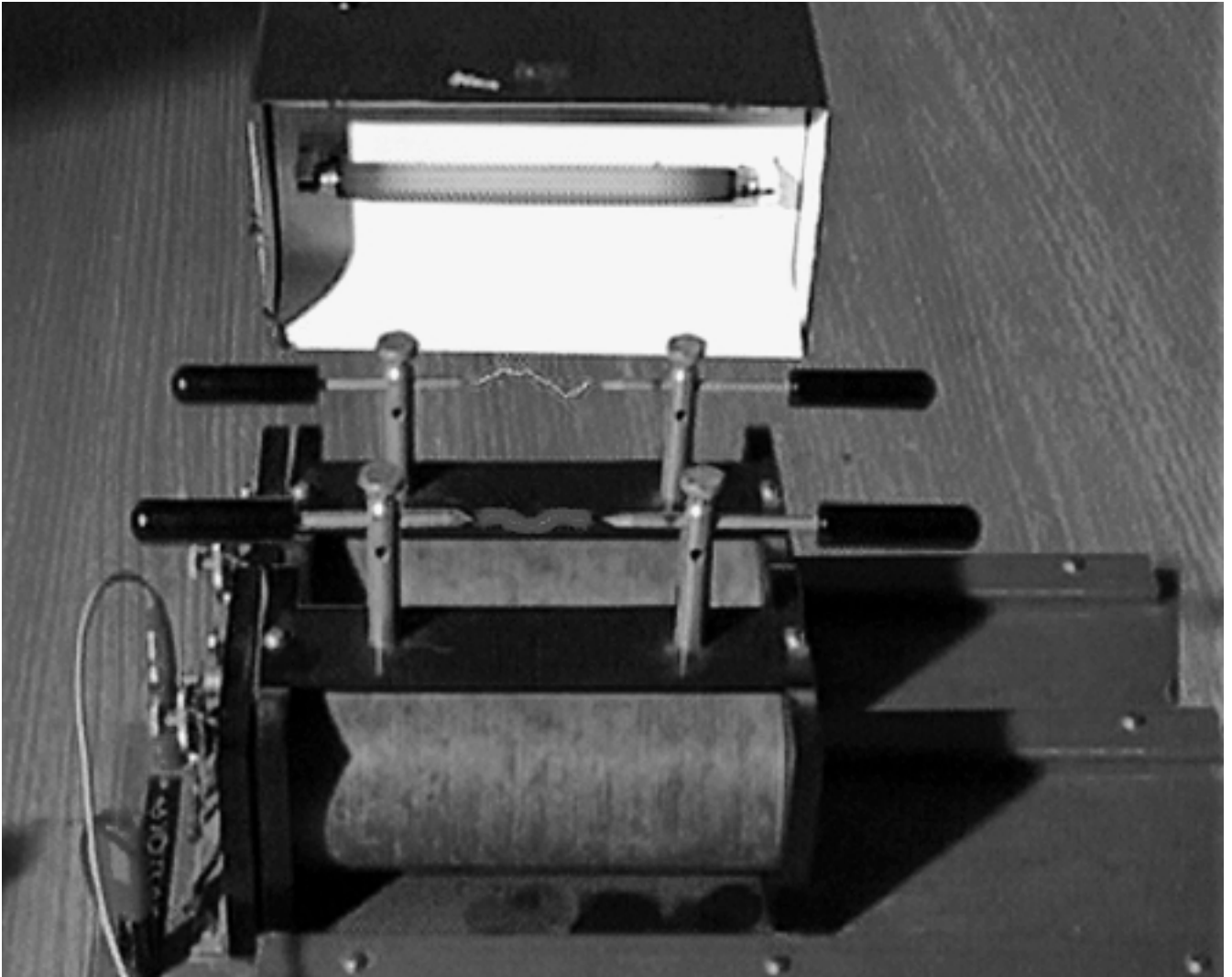


# FWU - Schule und Unterricht

**DVD** DVD 46 02282  
VIDEO



## Photoeffekt

FWU –  
das Medieninstitut  
der Länder



### **Lernziele**

*Vertiefung der Schwingungs- und Wellenlehre; erste Einblicke in die Phänomene der Quantenphysik; Vertrautheit mit den wesentlichen Erscheinungen und Begriffen; Heranführung an den Feldbegriff am Beispiel des elektrischen und magnetischen Feldes; Veranschaulichung der Gleichartigkeit von Phänomenen bei der Ausbreitung von mechanischen und elektromagnetischen Wellen, insbesondere von Licht; Fähigkeit, physikalische Sachverhalte in eindeutiger und verständlicher Sprache zu formulieren; Einblick in das moderne physikalische Weltbild; Erkennen der Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung; Verständnis für die Umsetzung von Naturerkenntnis in technische Anwendung.*

### **Vorkenntnisse**

*Grundlagen der Mechanik Newtons, Arbeit, Energie, Magnetismus, Grundlagen der Elektrizitätslehre, Ladungsbegriff, Induktion, Spannung, Strom, Schwingungs- und Wellenlehre*

### **Zur Bedienung**

Nach dem Einlesevorgang startet die DVD automatisch. Es erscheinen der Vorspann und dann das Hauptmenü. Der Vorspann kann mit der **Skip-Taste** an der Fernbedienung oder durch einen Mausklick in das Fenster der DVD-Player-Software (am PC) übersprungen werden.

Mit den **Pfeiltasten** auf der Fernbedienung des DVD-Players können Sie alle Punkte des Hauptmenüs anwählen und das gewählte Menü dann mit **Enter** starten.

Nun befinden Sie sich in einem Menü Ihrer Wahl. Hier navigieren Sie wieder mit den **Pfeiltasten**. Ist ein Film oder eine Filmsequenz angewählt, starten Sie mit **Enter** den Film. Ist ein Bild oder eine Grafik angewählt, erscheint nach Drücken der **Enter-Taste** das Bild bzw. die Grafik. Auch die Buttons am

unteren Bildschirmrand steuern Sie mit den **Pfeiltasten** an und rufen Sie mit **Enter** auf. Der Button **„Menü“** führt Sie stets zum nächsten übergeordneten Menü zurück. Manche Bildschirmtafeln bieten den Button **„Info ein“**, über den Sie Zusatzinformation in das Bild einblenden können. Der Button **„Info aus“** blendet diese Information wieder aus. Stehen Ihnen innerhalb eines Menüs mehrere Bilder oder Grafiken zur Auswahl, können Sie mit den Buttons **„<“** und **„>“** zwischen diesen Bildern oder Grafiken vor- und zurückblättern. Aus einem laufenden Film oder einer laufenden Sequenz kommen Sie mit der Taste **„Menü“** der Fernbedienung wieder in das übergeordnete Menü zurück.

### **Arbeitsmaterial**

Auf der DVD stehen Ihnen zahlreiche Arbeitsblätter (mit Lösungsvorschlägen) zur Verfügung, die sich thematisch an den Inhalten der einzelnen Menüpunkte orientieren sowie Hinweise zur Verwendung im Unterricht. Außerdem finden Sie die Programmstruktur der DVD und einige Links zu interessanten Seiten.

Um die Arbeitsmaterialien zu sichten und auszudrucken, legen Sie die DVD in das DVD-Laufwerk Ihres Computers ein und öffnen Sie im Windows-Explorer den Ordner **„Arbeitsmaterial“**. Hier finden Sie die Datei **„Inhaltsverzeichnis.pdf“**, die die Startseite öffnet. Über diese können Sie bequem alle Arbeitsmaterialien (Arbeitsblätter, Begleitheft, Programmstruktur, Weitere Medien, Links) aufrufen. Am unteren Rand der aufgerufenen Seiten finden Sie die Buttons **„Inhaltsverzeichnis“** (verlinkt zum Inhaltsverzeichnis des jeweiligen Kapitels), **„Startseite“** (verlinkt zur Startseite der Arbeitsmaterialien) und **„Erste Seite“** (verlinkt zur 1. Seite des Textes), die Ihnen das Navigieren

erleichtern. Die Buttons erscheinen nicht im Ausdruck.

Um die PDF-Dateien lesen zu können, benötigen Sie den Acrobat Reader. Sie können den Acrobat Reader installieren, indem Sie im Ordner „Arbeitsmaterial“ den Ordner

„Acrobatreader“ öffnen und dort auf die Datei „rp500deu.exe“ doppelklicken. Die „Liesmich“-Datei im Ordner „Acrobatreader“ klärt Sie über die Installations- und Lizenzbedingungen des Acrobat Readers auf.

## Zum Inhalt

Die DVD enthält folgende Materialien:

Menü	Materialien
Heinrich Hertz und der Funkeninduktor	• Kurzfilm (3 min) / 2 Sequenzen / 4 Bilder
Licht als Welle	• Kurzfilm (2 min) / 2 Sequenzen / 3 Bilder
Lenard und der lichtelektrische Effekt	• Kurzfilm (9 min) / 2 Sequenzen / 6 Bilder Untermenü: Lenards Versuchsaufbau: 2 Sequenzen, 6 Bilder
Die Ultraviolett-Katastrophe	• Kurzfilm (3 min) / 7 Bilder
Einstein und der Photoeffekt	• Kurzfilm (5 min) / 1 Sequenz / 13 Bilder
Belichtungsmesser - eine Anwendung	• 1 Sequenz / 3 Bilder

Im ROM-Teil der DVD finden Sie die Arbeitsmaterialien in folgenden Ordnern:

Ordner	Materialien
Arbeitsblätter	• 6 Arbeitsblätter (jeweils mit Lösungsvorschlag)
Verwendung im Unterricht	• Unterrichtsvorschlag
Begleitheft	• zur DVD
Programmstruktur	• eine Übersicht über den Aufbau der DVD
Links	• zur FWU-Homepage und weiteren informativen Websites

Der erste Kurzfilm beschäftigt sich mit der Entdeckung des lichtelektrischen Effekts und dem Entstehen des Funkverkehrs. In „Licht als Welle“ wird ein Versuch vorgestellt, der die Welleneigenschaft des Lichtes bestätigt. „Lenard und der lichtelektrische Effekt“ befasst sich mit Lenards Versuchen zu diesem Thema und macht deutlich, was an seinen Ergebnissen so beunruhigend war. Die „Ultraviolett-Katastrophe“ zeigt, wie radikal sich Max Planck von den übli-

chen Vorstellungen löste und den Begriff der gequantelten Energie einführte. Doch erst Albert Einstein brachte dies alles in seiner Photonentheorie zusammen. Davon handelt „Albert Einstein und der Photoeffekt“. Allen Filmen ist gemeinsam, dass sie mit vielen einprägsamen Grafiken, Bildern und anschaulichen Beispielen ein sehr abstraktes Thema lebendig und interessant werden lassen. Die Idee, einen Zusammenhang der Arbeiten so vieler Physiker und

Denker aufzuzeigen, der zu einer völlig neuen bahnbrechenden Theorie führte, steht bei dieser DVD im Vordergrund. Die Vertiefung der einzelnen Gebiete liegt in der Hand des Lehrers. Zu seiner Unterstützung steht im ROM-Teil der DVD Arbeitsmaterial in Form von Arbeitsblättern zur Verfügung.

Die Filme können unabhängig voneinander verwendet werden, je nachdem wie sie am besten in den Verlauf des Unterrichts passen. Mit ihren vielen Grafiken und anschaulichen Erklärungen sind sie sowohl als Einstieg, als auch als Zusammenfassung und Wiederholung geeignet.

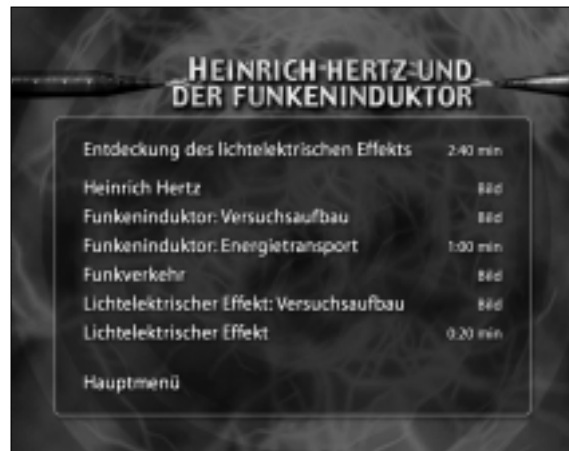
## Zu den einzelnen Menüs

### Hauptmenü



Die Wahl eines Punktes im Hauptmenü öffnet das entsprechende Menü. Die Wahl von „Arbeitsmaterial“ führt zu einer Anleitung, wie die auf der DVD abgelegten Arbeitsmaterialien gesichtet und ausgedruckt werden können.

### Menü „Heinrich Hertz und der Funkeninduktor“



Der Menüpunkt „Entdeckung des lichtelektrischen Effektes“ führt zu einem Kurzfilm.

*Hier wird gezeigt, wie Heinrich Hertz bei seinen Experimenten, mit denen er versuchte die theoretisch vorhergesagten elektromagnetischen Wellen nachzuweisen, den lichtelektrischen Effekt entdeckte.*

Dieser Kurzfilm kann als Einstieg in das Themengebiet verwendet werden und liefert eine Fülle von Anregungen (woher z.B. der Begriff „Funkverkehr“ kommt), die das Interesse der Schüler wecken.

Unter dem Menüpunkt „Funkeninduktor: Energietransport“ ist die Sequenz zu den Hertzschen Versuchen aus dem oben angegebenen Kurzfilm zu finden.

*Hier wird der Funkeninduktor erklärt und gezeigt, wie ein Funke einen anderen induziert.*

Die beigefügten Arbeitsblätter passen zu den im Film gestellten Aufgaben und Problemstellungen, so dass mit ihrer Hilfe die angesprochenen Themen gesichert werden können.

## Menü „Licht als Welle“



Der Menüpunkt „Licht als Welle“ führt zu einem Kurzfilm, der sich zur Wiederholung des Interferenzbegriffes eignet.

*Mit Hilfe von Grafiken wird dargestellt, wie sich Schwingungen überlagern und wie die Wellennatur des Lichtes gezeigt werden kann.*

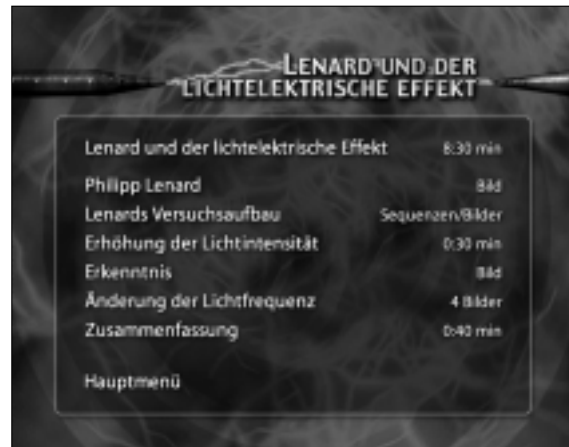
Der Menüpunkt „Graphische Überlagerung“ führt zu einer Sequenz aus dem Kurzfilm, die die Überlagerung von Wellen verdeutlicht.

Der Menüpunkt „Wellennatur des Lichts“ führt zu einer Sequenz, die zeigt, wie die Wellennatur des Lichtes nachgewiesen wird.

Mit den beigegeführten Arbeitsblättern können die Versuche und wesentlichen Gedankengänge gesichert werden.

## Menü „Lenard und der lichtelektrische Effekt“

Der Menüpunkt „Lenard und der lichtelektrische Effekt“ führt zu einem Kurzfilm, der sich zur Gewinnung eines Überblicks sehr gut eignet. Je nach Unterrichtsplanung kann er als Einstieg oder zusammenfassender Abschluss gezeigt werden.

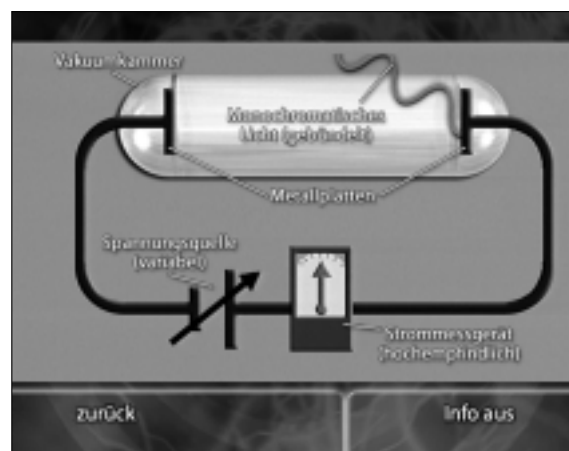


*Mit Hilfe von Grafiken wird der prinzipielle Versuchsaufbau von Lenard gezeigt und erläutert. Ausführlich wird erklärt, was der Begriff Austritts- bzw. Bremsspannung bedeutet. Es wird genau herausgearbeitet, wie unterschiedlich sich eine Erhöhung der Lichtintensität bzw. der Lichtfrequenz auf den hervorgerufenen Strom auswirken.*

Der Menüpunkt „Lenards Versuchsaufbau“ führt zu einem Untermenü.

In diesem ist unter den Punkten „Aufbau und Durchführung“ eine Sequenz zu finden, die Lenards Versuch zeigt.

Ein weiterer Untermenüpunkt „Interpretation“ führt zu einer Sequenz, die sich mit der Deutung der Ergebnisse beschäftigt.



Der Untermenüpunkt „**Ergebnisse**“ zeigt mit Hilfe von Bildern die Ergebnisse von Lenards Versuchen.

Mit den beigefügten Arbeitsblättern können die Versuche und wesentlichen Gedankengänge gesichert werden. Außerdem werden die wichtigsten Gedankengänge formuliert.

### Menü „Die Ultraviolett-Katastrophe“



Der Menüpunkt „**Die Ultraviolett-Katastrophe**“ führt zu einem Kurzfilm, der begreifbar macht, wieso hier eine Katastrophe vorliegt und wie Max Planck es geschafft hat, das Problem zu lösen.

*In diesem Film wird geklärt, was in der Physik ein schwarzer Körper ist und es wird die Schwarzkörperstrahlung betrachtet. Max Plancks kühne Annahme, dass die abstrahlenden Oszillatoren die Energie in Quanten abgeben, wird hier erläutert.*

*Zu beachten: Im Film schneiden sich die animierten Graphen, die die Frequenzen der aus dem Ofen kommenden Strahlung zeigen, was in der Realität nicht der Fall ist. Es sollte daher sorgfältig darauf geachtet werden, dass sich in den Köpfen der Schüler nur eine korrekte Darstellungsweise festsetzt!*

Der Menüpunkt „**Energie schwarzer Strahler**“ führt zu zwei Bildern, die die Ultraviolett-Katastrophe illustrieren.

Der Menüpunkt „**Energiequanten**“ führt zu drei Bildern, die Plancks Annahme formulieren und die wesentlichen Ideen festhalten.

Mit den beigefügten Arbeitsblättern kann hier sehr gut die Katastrophe und ihre Auflösung erläutert werden.

### Menü „Einstein und der Photoeffekt“



Der Menüpunkt „**Einstein und der Photoeffekt**“ führt zu einem Kurzfilm, der Einsteins Fähigkeit zeigt, viele Teile zu einem perfekten Ganzen zusammenzufügen.

*In diesem Film wird die Photonentheorie erklärt und es werden mehrere Beispielrechnungen zur Energie vorgeführt. Mit Hilfe von Grafiken wird der Begriff der Austrittsarbeit klar. Auch die Möglichkeit, die Theorie nachzuprüfen, wird aufgezeigt und Millikans erfolgreicher Versuch, den Nachweis zu führen, erwähnt.*

Im Menüpunkt „**Energieberechnungen**“ wird in einer Folge von sieben Teilschritten die Energie für ein „gelbes“ und ein „ultraviolettes“ Photon berechnet und miteinander verglichen.

Der Menüpunkt „**Austrittsarbeit**“ führt zu einer Sequenz, die erklärt, was unter der Austrittsarbeit zu verstehen ist.

Der Menüpunkt „**Austrittsarbeit – Überprüfung**“ zeigt mit Hilfe von Grafiken den Weg auf, wie die Austrittsarbeit sowie die Plancksche Konstante grafisch aus Messreihen zu gewinnen sind.

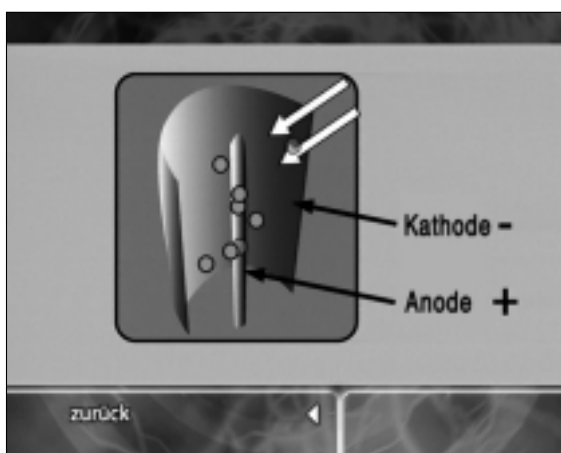
Mit den beigefügten Arbeitsblättern werden die Begriffe gesichert und wiederholt. Die Rechnungen sind ebenfalls darauf zu finden, ebenso wie einige Fragen, die das Gelernte nochmals vertiefen sollen.

### Menü „**Belichtungsmesser – eine Anwendung**“

Der Menüpunkt „**Belichtungsmesser**“ führt zu einer Sequenz.

*In dieser Sequenz wird mit Hilfe einer animierten Grafik die Funktionsweise eines Belichtungsmessers gezeigt.*

Der Menüpunkt „**Belichtungsmesser – Prinzip**“ führt zu drei Bildern, die geeignet sind, im Unterricht das Prinzip eines Belichtungsmessers zu erläutern.



## Ergänzendes

Albert Einstein erhielt 1921 den Nobelpreis für Physik für seine Arbeit zum Photoeffekt. Er übertrug die von Max Planck bei der Emission von Licht entdeckte Quantelung der Strahlungsenergie auf die Ausbreitung des Lichts im Raum und seine Wechselwirkung mit Materie.

Auszüge aus seiner Originalarbeit:

*„Die übliche Auffassung, daß die Energie des Lichtes kontinuierlich über den durchstrahlten Raum verteilt sei, findet bei dem Versuch, die lichtelektrischen Erscheinungen zu erklären, besonders große Schwierigkeiten ... Es scheint mir nun in der Tat, daß die Beobachtungen ... besser verständlich erscheinen unter der Annahme, daß die Energie des Lichtes diskontinuierlich im Raume verteilt sei. Nach der hier ins Auge zu fassenden Annahme ist bei Ausbreitung eines von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen und nur als Ganze absorbiert und erzeugt werden können ... Monochromatische Strahlung ... verhält sich ... so, wie wenn sie aus voneinander unabhängigen Energiequanten von der Größe  $h \cdot f$  bestünde.*

...

*In die oberflächliche Schicht des Körpers dringen Energiequanten ein, und deren Energie verwandelt sich wenigstens zum Teil in kinetische Energie der Elektronen. Die einfachste Vorstellung ist die, daß ein Lichtquant seine ganze Energie an ein einziges Elektron abgibt.. ..Ein im Innern des Körpers mit kinetischer Energie versehenes Elektron wird, wenn es die Oberfläche erreicht*

hat, einen Teil seiner kinetischen Energie eingeübt haben. Außerdem wird anzunehmen sein, daß jedes Elektron beim Verlassen des Körpers eine (für den Körper charakteristische) Arbeit  $W_0$  zu leisten hat, wenn es den Körper verläßt.

Mit der größten Normalgeschwindigkeit werden die unmittelbar an der Oberfläche normal zu diesen erregten Elektronen den Körper verlassen. Die kinetische Energie solcher Elektronen ist:

$$E_{\text{kin}} = h \cdot f - W_0.$$

Mit den von Herrn Lenard beobachteten Eigenschaften der lichtelektrischen Wirkung steht unsere Auffassung, soweit ich sehe, nicht im Widerspruch. Wenn jedes Energiequant des erregenden Lichtes unabhängig von allen übrigen seine Energie an Elektronen abgibt, so wird die Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen ... von der Intensität des erregenden Lichtes unabhängig sein; andererseits wird die Anzahl der den Körper verlassenden Elektronen der Intensität des erregenden Lichtes unter sonst gleichen Umständen proportional sein.“

([http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web\\_ph12/originalarbeiten/einstein/einstein.htm](http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web_ph12/originalarbeiten/einstein/einstein.htm))

### **Mehr Info im Internet:**

Weitere Anregungen und Informationen sind unter anderem unter folgenden Adressen zu finden.

<http://www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=1540>

<http://www.mpg.de>

<http://www.quantenwelt.de/quantenmechanik/historisch/>

<http://www.walter-fendt.de/ph14d/photoeffekt.htm>

[http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web\\_ph12/materialseiten/m09\\_quanten.htm](http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web_ph12/materialseiten/m09_quanten.htm)

[http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web\\_ph12/versuche/09fotoeff/](http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web_ph12/versuche/09fotoeff/)

<http://members.aol.com/szeinstein/albert.htm>

[http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Max\\_Planck.html](http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Max_Planck.html)

<http://home.t-online.de/home/HBusch/14may97.htm>

### **Technische Informationen**

Die FWU-DVDs laufen - unter entsprechenden technischen Voraussetzungen - in einem Netzwerk.

Die FWU-DVDs laufen auf PC und MAC.

### **Weitere Medien**

42/46 10442 Einsteins spezielle

Relativitätstheorie Teil 1. VHS/DVD-Video, 22 min f

42/46 10443 Einsteins spezielle

Relativitätstheorie Teil 2. VHS/DVD-Video, 18 min f

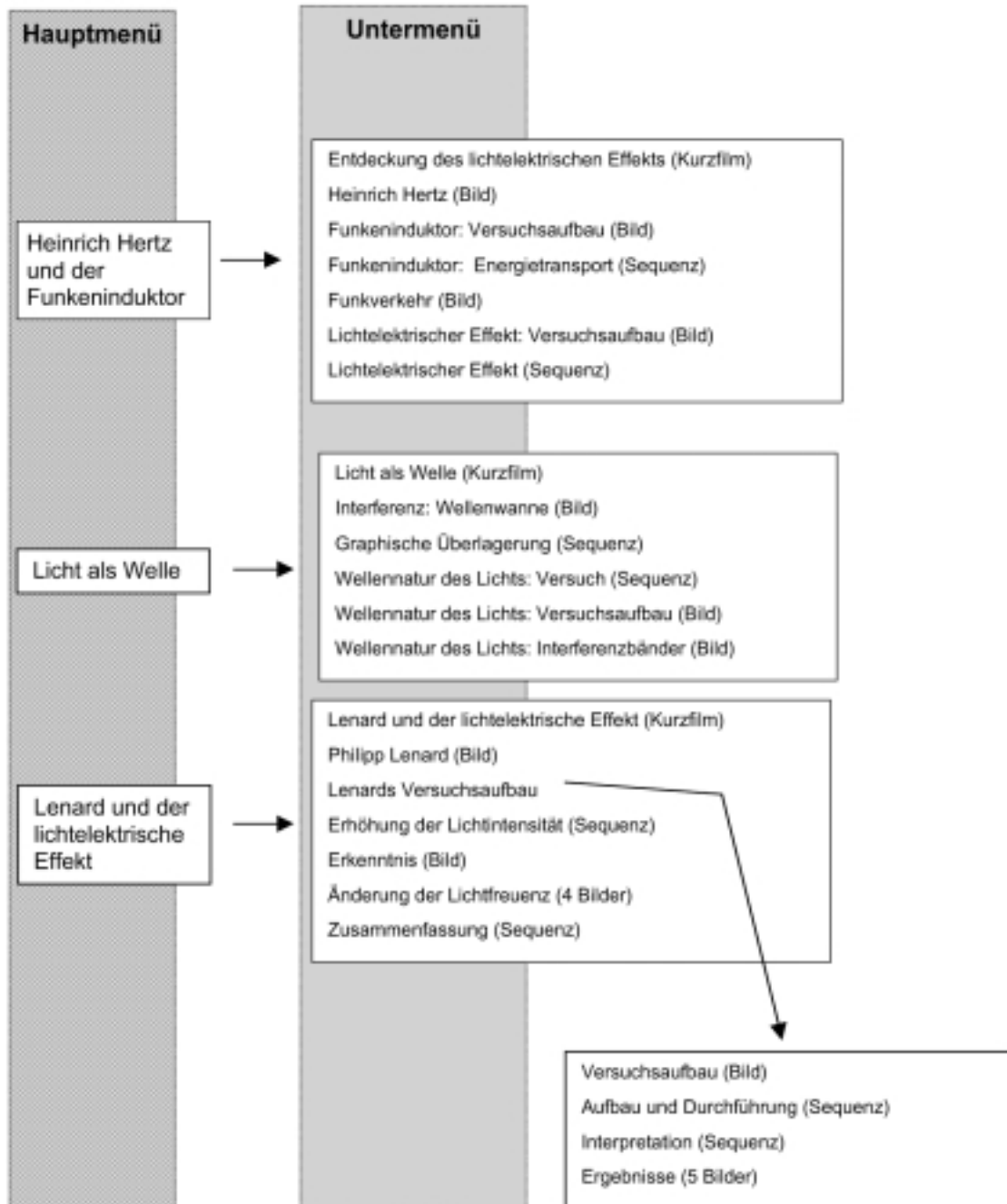
42/46 10444 Einsteins allgemeine

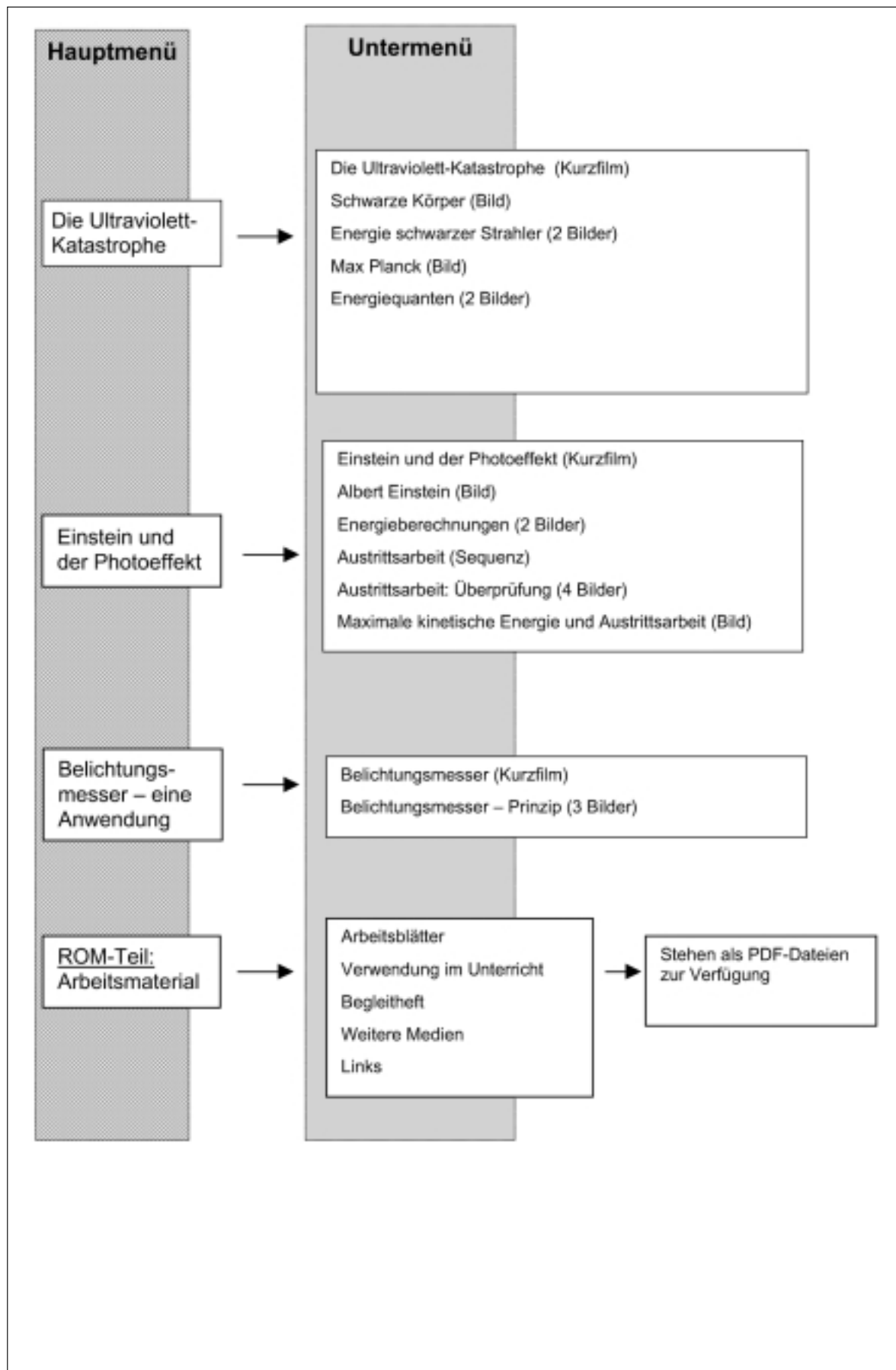
Relativitätstheorie. VHS/DVD-Video, 25 min f

66 00430 phenOpt. CD-ROM



Didaktische FWU-DVD  
46 02282 Photoeffekt  
Programmstruktur





**Produktion und Herausgabe**

FWU Institut für Film und Bild, 2004

**DVD Herstellung**

mastering studio münchen  
im Auftrag des FWU Institut für Film und Bild, 2004

**Konzept, Begleitheft und Arbeitsmaterial**

Marie-Luise Rzepka

**Video-Produktion**

VEA, Video Education Australasia

**Buch**

Christine Henderson

**Regie**

Richard Leigh

**Produktionsleitung**

Mark McAuliffe

**Grafik**

Reece Sanders

**Bearbeitung**

Marie-Luise Rzepka

**Fachberatung**

Franz Mráz

**Bildnachweis**

VEA, Video Education Australasia

**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  
Geiseltasteig  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-2 40  
E-Mail info@fwu.de  
Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltal  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-300  
E-Mail [info@fwu.de](mailto: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](mailto:vertrieb@fwu.de)**

Laufzeit: 30 min  
5 Filme  
10 Sequenzen  
8 Menüs  
42 Bilder  
Sprache: deutsch  
DVD-ROM-Teil:  
Unterrichtsmaterialien

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

**DVD** 46 02282  
**VIDEO**

### Photoeffekt

Die DVD bietet eine Übersicht über die die Entwicklung der Photonentheorie. Dabei wird ein informativer Bogen von der ersten Entdeckung durch Heinrich Hertz über die genauen Untersuchungen von Philipp Lenard und die Quantentheorie des Max Planck bis hin zur Photonentheorie Albert Einsteins geschlagen, der 1921 für seine Arbeit zum Photoeffekt den Nobelpreis für Physik erhielt. Die DVD enthält Kurzfilme und Sequenzen zu „Heinrich Hertz und der Funkeninduktor“, „Licht als Welle“, „Lenard und der lichtelektrische Effekt“, „Die Ultraviolett-Katastrophe“, „Einstein und der Photoeffekt“ und „Belichtungsmesser - eine Anwendung“ sowie Bilder und Grafiken. Im ROM-Teil der DVD stehen Arbeitsblätter zur Verfügung, die auf den Inhalt der einzelnen Themengebiete abgestimmt sind.

### Schlagwörter

Funkeninduktor, Schwingung, Interferenz, Induktion, Austrittsarbeit, Bremsspannung, Ultraviolett-Katastrophe, Quant, Photoeffekt, Schwarzer Körper, Ablösefrequenz

### Physik

Optik • Wellenoptik, Technische Anwendungen  
Elektrik • Elektrodynamik, Technische Anwendungen  
Atomphysik • Technische Anwendungen

Allgemeinbildende Schule (10-13)  
Erwachsenenbildung

### Weitere Medien

42/46 10442 Einsteins spezielle Relativitätstheorie Teil 1.  
VHS/DVD-Video, 22 min f  
42/46 10443 Einsteins spezielle Relativitätstheorie Teil 2.  
VHS/DVD-Video, 18 min f  
42/46 10444 Einsteins allgemeine Relativitätstheorie.  
VHS/DVD-Video, 25 min f  
66 00430 phenOpt. CD-ROM