



Einstein-Basics

# **Die Allgemeine Relativitätstheorie**

## **Lernziele**

*Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass die Gravitation durch eine Krümmung der Raumzeit verursacht wird. Außerdem sollen die Ursachen und Auswirkungen von Schwarzen Löchern verstanden werden.*

## **Vorkenntnisse**

*Die Schülerinnen und Schüler sollten elementare Kenntnisse aus der Geometrie besitzen. Außerdem sollten die Themenbereiche Raumzeit, Raumzeit-Diagramm, Kausalstruktur und Raumkrümmung bereits behandelt worden sein.*

## **Zur Bedienung**

### **Starten und Bedienung der DVD am DVD-Player**

Nach dem Einlesevorgang startet die Didaktische FWU-DVD automatisch bis zum Hauptmenü. Der Vorspann kann mit der **Skip-Taste** der Fernbedienung übersprungen werden. Mit den **Pfeiltasten** auf der Fernbedienung können Sie alle Punkte des Menüs anwählen und den gewünschten Punkt dann mit **Enter** starten. Aus einer laufenden Filmsequenz gelangen Sie mit der Taste **Menü** der Fernbedienung wieder in das Ausgangsmenü zurück.

### **Starten der DVD am PC**

Die Didaktische FWU-DVD startet automatisch. Sie können zunächst an einem Auswahlfenster entscheiden, ob Sie die DVD im Context-Manager-Modus abspielen oder direkt das Arbeitsmaterial aufrufen wollen.

Wollen Sie die DVD über Ihre Player-Software (ohne Context-Manager) bedienen, dann schließen Sie dieses Fenster, rufen den Ihnen zur Verfügung stehenden Software-Player auf und starten die DVD über die **Wiedergabe-Taste**. Die Bedienung erfolgt dann über die Buttons in den Menüs oder über die Funktionen des DVD-Players. Wird die Didaktische FWU-DVD mit dem FWU-Context-Manager gestartet, befindet sich am unteren Rand des Bildschirms die DVD-Navigationsleiste mit allen für die Steuerung der Didaktischen FWU-DVD notwendigen Funktionen.

### **Bedienung des FWU-Context-Managers**

Beim Abspielen der Didaktischen FWU-DVD auf einem PC lässt sich über den Button **„Context“** der so genannte „FWU-Context-Manager“ aufrufen. Er verbindet die Inhalte des DVD-Teils mit den Materialien des ROM-Teils. Am rechten Bildschirmrand erscheint ein Auswahlmenü, das die Zusatzmaterialien systematisch geordnet auflistet. Wird eines dieser Zusatzmaterialien (z. B. ein Arbeitsblatt) angeklickt, stoppt zum Beispiel die Filmsequenz. Das aufgerufene Arbeitsblatt füllt den Bildschirm. Wenn es wieder geschlossen wird, kann der Film wieder gestartet werden. Der Neustart des vorher gehaltenen Filmteils ist über die DVD-Navigationsleiste oder über das Schließen des FWU-Context-Managers (Klick auf **„zurück“**) möglich.

Über den Button **„zurück“** kann das Auswahlmenü des FWU-Context-Managers jederzeit wieder ausgeblendet werden.

## Zum Inhalt

### Hauptmenü



Das Hauptmenü führt zu den zwei Themenschwerpunkten „Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie“ und „Schwarze Löcher“.

### FWU-Context-Manager / Arbeitsmaterial

Die Wahl von „FWU-Context-Manager / Arbeitsmaterial“ im Hauptmenü führt zu einer Anleitung, wie die auf dieser Didaktischen FWU-DVD im ROM-Teil abgelegten Arbeitsblätter, Info-Texte etc. gesichtet und ausgedruckt werden können. Auf dieser Didaktischen FWU-DVD stehen Ihnen – über das Angebot aus dem FWU-Context-Manager hinaus – Zusatzmaterialien zur Verfügung. Die Materialien im DVD-ROM-Teil dürfen nur im Rahmen von schulischen Zwecken eingesetzt werden.

Um die Inhalte des DVD-ROM-Teils 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“. Öffnen Sie diese Datei mit einem Doppelklick. Es erscheint ein Übersichtsscreen, über den Sie in die jeweiligen Inhaltsverzeichnisse gelangen. Außerdem können Sie Materialien über die Homepage des FWU ([www.fwu.de](http://www.fwu.de)) unter „Service/Unterrichtsmaterialien“ abrufen.

Im DVD-ROM-Teil steht Ihnen der Acrobat Reader in der Version 5.0 zur Verfügung. Um den Acrobat Reader zu installieren, klicken Sie im entsprechenden Ordner einfach auf die Datei „rp500deu.exe“.

### Menü „Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie“



### Sequenz „Was ist Geometrie?“

Eigentlich können wir uns nicht vorstellen, wie die vierdimensionale Raumzeit durch Masse gekrümmt wird. Deshalb bedienen wir uns eines Tricks ...

### Sequenz „Was ist Krümmung?“

Um festzustellen, ob wir in einer gekrümmten Welt leben, müssen wir diese nicht verlassen. Allein durch Messungen von geometrischen Figuren lässt sich dies klären.

### Sequenz „Schwerkraft ist Geometrie“

Mittels Geometrie kann erklärt werden, was die Schwerkraft ist. Damit löste Einstein eines der großen Rätsel der Natur.

### Sequenz „Gravitationslinsen“

Einstein-Kreuz, Einstein-Ring – dadurch, dass das Licht der Krümmung der Raumzeit folgt, ergeben sich seltsame Lichtspiele am Himmel. Einstein hat sie vorausgesagt, doch erst Jahrzehnte später konnten sie nachgewiesen werden.

## Menü „Schwarze Löcher“



### Sequenz „Lichtkegel nahe einer Masse“

Die Raumkrümmung wurde das erste Mal bei einer Sonnenfinsternis im Jahre 1919 nachgewiesen. Mittels so genannter Lichtkegel lässt sich das Konzept der Raumkrümmung theoretisch nachvollziehen.

### Sequenz „Gravitationskollaps“

Das Modell der Lichtkegel sagt extreme Formen der Raumkrümmung voraus. Es beschreibt, dass manchmal nicht einmal das Licht einen Stern verlassen kann und dieser dadurch unsichtbar wird - in diesem Fall handelt es sich um ein so genanntes Schwarzes Loch.

## Sequenz „Schwarze Löcher in astronomischen Beobachtungen“

Lange Zeit war man nicht sicher, ob Schwarze Löcher tatsächlich existieren. Doch in den letzten Jahrzehnten hat man zahlreiche Belege für ihre Existenz gesammelt.

## Verwendung im Unterricht

Vorschläge für den Einsatz der DVD im Physikunterricht finden Sie im ROM-Teil der DVD unter der Rubrik „Verwendung im Unterricht“.

## Literatur

Stephen Hawking: Eine kurze Geschichte der Zeit, Rowohlt Verlag, Reinbeck, 1988/1997

Jürgen Neffe: Einstein, Rowohlt Verlag, Reinbeck, 2005

Albert Einstein: Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, Springer Verlag, Berlin, 2001

Lewis C. Epstein: Relativitätstheorie anschaulich dargestellt, Birkhäuser Verlag, Basel, 1998

**Hauptmenü**

Grundlagen der  
Allgemeinen  
Relativitätstheorie

Schwarze Löcher

**Menüs**

Was ist Geometrie? 4:10 min  
Was ist Krümmung? 3:30 min  
Schwerkraft ist Geometrie 5:10 min  
Gravitationslinsen 5:10 min

Lichtkegel nahe  
einer Masse 4:10 min  
Gravitationskollaps 5:30 min  
Schwarze Löcher in  
astronomischen  
Beobachtungen 10:10 min

**Context-Menüs**

*Aufgaben*  
Schwerkraft  
*Grafiken*  
Was ist Geometrie?  
Was ist Krümmung?  
Schwerkraft ist Geometrie  
Gravitationslinsen  
*Texte*  
Sprechertexte  
Info-Texte  
Glossar

*Aufgaben*  
Schwarze Löcher  
*Grafiken*  
Lichtkegel nahe einer  
Masse  
Gravitationskollaps  
Schwarze Löcher in  
astronomischen  
Beobachtungen  
*Texte*  
Sprechertexte  
Info-Texte  
Glossar

**Arbeitsmaterial**

- Verwendung im Unterricht
- Aufgaben
- Grafiken
- Sprechertexte
- Info-Texte
- Glossar
- Begleitheft
- Programmstruktur
- Weitere Medien
- Links
- Literatur

## **Buch und Regie**

Gerald Kargl

## **Redaktion**

Mag. Walter Olensky  
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und  
Kultur, Wien

Michael Süß  
FWU Institut für Film und Bild, Grünwald

## **Wissenschaftliche Beratung**

Priv. Doz. Dr. Franz Embacher  
Institut für Theoretische Physik  
Universität Wien  
Homepage:  
<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/>  
E-Mail: [franz.embacher@univie.ac.at](mailto:franz.embacher@univie.ac.at)

## **Didaktische Beratung**

Mag. Herbert Wittmann  
Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium  
Rosasgasse, Wien  
E-Mail: [Herbert.Wittmann@gmx.net](mailto:Herbert.Wittmann@gmx.net)

## **Animationen 2D-3D**

Klemens Kopetzky  
Jürgen Weinberger  
Michael Zlabinger  
René Grasser

## **Sprecher**

Alexander Doering

## **Tonstudio**

Studio Funk Berlin  
noyz wien

## **Tontechnik**

Hermann Langschwert

## **Musik**

secret service

## **Pädagogischer Referent im FWU**

Michael Süß

## **DVD-Herstellung**

mastering studio münchen  
im Auftrag von  
FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und  
Unterricht gemeinnützige GmbH, Grünwald  
und  
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und  
Kultur, Wien

Eine Produktion der Gerald Kargl GmbH  
Filmproduktion Wien  
im Auftrag von  
FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und  
Unterricht gemeinnützige GmbH, Grünwald  
und  
Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und  
Kultur, Wien

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

**Verkauf** durch FWU Institut für Film und Bild,  
Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2005

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur  
Minoritenplatz 5

A-1014 Wien

Telefon +43/1/53 120-0

Telefax +43/1/53 120-4848

E-Mail [medienservice@bmbwk.gv.at](mailto:medienservice@bmbwk.gv.at)

Internet <http://www.bmbwk.gv.at>

© 2005

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

Geiselgasteig

Bavariafilmpark 3

D-82031 Grünwald

Telefon (0 89) 64 97-1

Telefax (0 89) 64 97-240

E-Mail [info@fwu.de](mailto:info@fwu.de)  
[vertrieb@fwu.de](mailto:vertrieb@fwu.de)

Internet <http://www.fwu.de>



FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltalstraße  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-240  
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: 38 min  
7 Sequenzen  
3 Menüs  
Context-Manager  
Sprache: deutsch  
DVD-ROM-Teil:  
Unterrichtsmaterialien

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

GEMA

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

**LEHR-  
Programm  
gemäß  
§ 14 JuSchG**

## FWU - Schule und Unterricht

**DVD 46 02325**  
VIDEO

### Einstein-Basics

#### **Die Allgemeine Relativitätstheorie**

Zehn Jahre nachdem Albert Einstein die Spezielle Relativitätstheorie veröffentlicht hatte, brachte er eine verallgemeinerte Form seiner Theorie zu Papier. Die Allgemeine Relativitätstheorie kann auch beschleunigte Bewegungen beschreiben, die Gravitation wird also nun berücksichtigt. Auf dieser didaktischen DVD werden in Filmsequenzen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie veranschaulicht. Wie kann man sich die gekrümmte Raumzeit vorstellen, was sind Gravitationswellen, was passiert im „Inneren“ von Schwarzen Löchern? Die DVD widmet sich diesen und vielen weiteren Fragen und stellt umfangreiches Zusatzmaterial, wie z. B. Arbeitsblätter und Infotexte, zur Verfügung. Diese Materialien können mithilfe des FWU-Context-Managers auch während der Filmsequenzen an den passenden Stellen aufgerufen werden.

#### **Schlagwörter**

Relativitätstheorie, Einstein, Schwerkraft, Gravitation,  
Schwarze Löcher, Astronomie

#### **Physik**

Relativitätstheorie, Kernphysik, Elementarteilchenphysik,  
Astronomie

Allgemeinbildende Schule (11-13)  
Erwachsenenbildung

#### **Weitere Medien**

46 02324 Einstein-Basics: Die Spezielle Relativitätstheorie.  
Didaktische FWU-DVD  
46 32392 Einsteins Welt - Eine WissensGeschichte.  
Didaktische FWU-DVD