



WBF

Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung • Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Holzdamm 34 • D-20099 Hamburg • Tel. (040) 68 71 61 • Fax (040) 68 72 04
office@wbf-medien.de • www.wbf-medien.de

Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

Dem Regenbogen auf der Spur

Eine Einführung in optische Phänomene



**Unterrichtsfilm, ca. 16 Minuten,
Filmsequenzen, umfangreiches Zusatzmaterial und Arbeitsblätter**

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 5. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Physik, Biologie, Naturwissen-
schaften, Technik

Kurzbeschreibung des Films

Der Film greift das Naturphänomen „Regenbogen“ auf, um die Grundlagen der Optik näher zu betrachten. Er zeigt, dass sich Licht geradlinig ausbreitet und verschiedene Materialien das Licht unterschiedlich stark hindurchlassen. Ebenso wird verdeutlicht, dass es selbstleuchtende und beleuchtete Lichtquellen gibt. Zur Veranschaulichung der Farben im Regenbogen wird weißes und farbiges Licht genau betrachtet und Grundlegendes zur Lichtbrechung an Oberflächen und an einem Dreiecksprisma gezeigt. Auch der Aufbau und ein vereinfachtes Funktionsprinzip des Auges werden visualisiert. Der Film endet mit der Erklärung, wie durch Lichtbrechung an Wassertropfen der charakteristische Regenbogen entsteht.

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass zum Sehen eine Lichtquelle notwendig ist. Sie verstehen, dass sich Licht immer geradlinig ausbreitet und Materialien das Licht unterschiedlich gut passieren lassen (Transparenz, Halbdurchlässigkeit, Absorption, Schattenentstehung). Sie lernen, dass weißes Licht alle Farben beinhaltet und durch die Mischung der Grundfarben andere Farben entstehen (additive Farbmischung). Weiterhin erkennen sie die Lichtbrechung im Alltag und übertragen sie auf die Zerlegung des Lichts durch ein Dreiecksprisma und durch die Wassertröpfchen im Regenbogen.

Verleih in Deutschland: WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landes-, Stadt- und Kreisbildstellen sowie den Medienzentren entliehen werden.

Verleih in Österreich: WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landesbildstellen, Landesschulmedienstellen sowie Bildungsinstituten entliehen werden.

Weitere Verleihstellen in der Schweiz, in Liechtenstein und Südtirol.

Inhaltsverzeichnis

• Hilfe für den Benutzer	S. 2	• Anregungen für den Unterricht:	S. 7
• Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern	S. 3	Einsatz des Unterrichtsfilms	
• Struktur der WBF-DVD	S. 4	• Ergänzende Informationen	S. 11
• Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher	S. 5	• Übersicht über die Materialien	S. 12
• Inhalt des Films	S. 5	• Didaktische Merkmale der WBF-DVD	S. 14
		• Anregungen für den Unterricht:	S. 14
		Einsatz der gesamten WBF-DVD	

Hilfe für den Benutzer

Die WBF-DVD Premium plus besteht aus einem **DVD-Video-Teil**, den Sie auf Ihrem DVD-Player oder über die DVD-Software Ihres PC abspielen können, und aus einem **DVD-ROM-Teil**, den Sie über das DVD-Laufwerk Ihres PC aufrufen können.

DVD-Video-Teil

In Ihrem DVD-Player wird der DVD-Video-Teil automatisch gestartet.

Hauptfilm starten: Der WBF-Unterrichtsfilm läuft ohne Unterbrechung ab.

Schwerpunkte: Der WBF-Unterrichtsfilm ist in Filmsequenzen (= Schwerpunkte) unterteilt. Jeder Sequenz sind Problemstellungen zugeordnet, die mithilfe des filmischen Inhalts und der Materialien erarbeitet werden können. Die Schwerpunkte, Problemstellungen und Materialien sind durchnummeriert, zum Beispiel:

Hauptmenü	Schwerpunkt	Problemstellung	Material
Schwerpunkte	2. Licht und Farben	2.1 Woher kommen die Farben?	2.1.3 Weißes Licht ist voller Farben

Bei den Filmsequenzen und den zusätzlichen Filmclips werden im Vorspann Arbeitsaufträge eingeblendet. Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind diese in die folgenden drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

<input type="radio"/> leicht	<input checked="" type="radio"/> mittel	<input type="radio"/> schwer
------------------------------	---	------------------------------

DVD-ROM-Teil

Im DVD-Laufwerk Ihres PC wird - in Abhängigkeit von den Systemeinstellungen Ihres Rechners - automatisch der DVD-ROM-Teil geöffnet. Alternativ können Sie den DVD-ROM-Teil über den Explorer durch Öffnen der **Index-Datei** starten. Für den Wechsel zum DVD-Video-Teil starten Sie Ihre DVD-Software.

Der Aufbau des DVD-ROM-Teils entspricht dem des DVD-Video-Teils, bietet darüber hinaus aber noch weiterführende Materialien, interaktive Arbeitsblätter (siehe Seite 3) und hilfreiche Informationen wie zum Beispiel das didaktische Unterrichtsblatt, den Vorschlag für eine Unterrichtseinheit, Internet-Links zum Thema oder Lehrplanbezüge für alle Bundesländer.

Schwerpunkte mit Filmsequenzen und Materialien

Der **Hauptfilm**, die **Filmsequenzen** und die zusätzlichen **Filmclips** können über das Hauptmenü gestartet werden.

Alle Materialien können als PDF- oder Word-Datei aufgerufen und ausgedruckt werden. Sie sind - wie oben für den DVD-Video-Teil beschrieben - nach den Schwerpunkten und Problemstellungen gegliedert. Zu allen Materialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien finden Sie das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge.

Zur Unterstützung der **Binnendifferenzierung** sind auch diese Arbeitsaufträge in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

<input type="radio"/> leicht	<input checked="" type="radio"/> mittel	<input type="radio"/> schwer
------------------------------	---	------------------------------

In den Schwerpunkten und Problemstellungen werden die Arbeitsblätter bewusst ohne Lösungen angeboten, um den Schülerinnen und Schülern ein selbstständiges Arbeiten zu ermöglichen. Die Arbeitsblätter mit Lösungen finden Sie in der Infothek unter **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer**.

Infothek

Hier finden Sie folgende Dokumente als PDF- und Word-Datei:

- die **Übersicht über die Materialien**
- das **didaktische Unterrichtsblatt** mit Anregungen für den Unterricht
- die **Arbeitsaufträge für alle Materialien**, zusammengestellt in einer Datei
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsmaterialien**
- die **Sprechertexte** für den Hauptfilm, die Filmsequenzen und zusätzlichen Filmclips
- die **Internet-Links** zum Thema
- den **Vorschlag für eine Unterrichtseinheit**
- die **Bildungsstandards und WBF-Medien** sowie
- die **Lehrplanbezüge nach Bundesländern**

Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern



Die WBF-DVD Premium plus bietet Ihnen zusätzlich zu den bisherigen didaktisch aufbereiteten Materialien eine Auswahl von **vier interaktiven Arbeitsblättern**. Sie können diese Arbeitsblätter direkt über die Startseite unter **Interaktive Arbeitsblätter** oder über die Schwerpunkte und Problemstellungen aufrufen. Die interaktiven Arbeitsblätter liegen im PDF-Format oder als whiteboardgeeignete Dateien vor.

Auf der Ebene der Problemstellungen befinden sich darüber hinaus die herkömmlichen Versionen der Arbeitsblätter im Word- und PDF-Format. Ferner können Sie in der Infothek die Dokumente **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen) und **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen) aufrufen.

Bitte beachten Sie, dass Sie für die interaktiven Arbeitsblätter im PDF-Format eine aktuelle Version des Acrobat Reader benötigen.

Systemvoraussetzungen für den Einsatz der DVD-ROM:

Windows XP, Windows 7, 8 und 10, Mac OS X, DVD-Laufwerk mit gängiger Abspielsoftware, 16-Bit-Soundkarte mit Lautsprechern, Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel oder höher

Struktur der WBF-DVD

Unterrichtsfilm: Dem Regenbogen auf der Spur Eine Einführung in optische Phänomene	
1. Schwerpunkt Eigenschaften des Lichts	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (5:35 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellungen, Materialien (siehe Seite 12)	
1.1	Was sind Lichtquellen und beleuchtete Körper?
1.2	Wie breitet sich Licht aus?
2. Schwerpunkt Licht und Farben	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (3:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12/13)	
2.1	Woher kommen die Farben?
3. Schwerpunkt Das menschliche Auge	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)	
3.1	Wie funktioniert das Sehen?
4. Schwerpunkt Der Regenbogen	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (2:30 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)	
4.1	Wie entsteht ein Regenbogen?

Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher

- Geradlinige Lichtausbreitung
- Schattenentstehung
- Lichtdurchlässigkeit unterschiedlicher Materialien
- Reflexion von Licht (Reflexionsgesetz)
- Experimente mit Licht durchführen
- Natürliche und künstliche Lichtquellen
- Zerlegung des weißen Lichts in mehrere Farben - Regenbogen
- Lichtbrechung
- Farben / Farbzerlegung / additive Farbmischung
- Aufbau und Funktionsprinzip des menschlichen Auges
- Entstehung des Regenbogens

Inhalt des Films

Unser Wetter ist immer gut für Überraschungen. Mal ist es wechselhaft, dann regnet es und schon scheint wieder die Sonne. Manchmal entsteht dann wie aus dem Nichts ein gebogener farbiger Streifen - der Regenbogen. Doch was ist ein Regenbogen genau? Und wie entsteht das farbige Gebilde vor unseren Augen?

Zur Beantwortung dieser Fragen geht der Film im Grundlagenteil auf die geradlinige Lichtausbreitung ein. Ein Baum wirft an einem sonnigen Tag einen deutlichen Schatten. Auch ein komplexeres Gebilde wird, wenn es nur eine Lichtquelle gibt, exakt als Schatten an einer Wand abgebildet. Doch ein Schatten entsteht nur dann, wenn der Gegenstand lichtundurchlässig ist. Der Film zeigt, wie unterschiedlich sich Materialien verhalten, wenn Licht auf sie fällt. Mithilfe dreier Platten, die vor eine Lichtquelle geschoben werden, wird verdeutlicht, dass es Materialien gibt, die Licht gar nicht durchlassen (absorbierend), nur teilweise durchlassen (durchscheinend) oder fast komplett durchlassen (transparent). Am Beispiel einer Autofahrt durch strömenden Regen zeigt der Film, wie praktisch Lichtdurchlässigkeit ist; der Fahrer bleibt trocken und kann trotzdem alles sehen.

Anschließend greift der Film eine weitere Eigenschaft von Licht auf: Fällt Licht auf ein reflektierendes Material, so wird es in dem Winkel reflektiert, unter dem es eingefallen ist. Eine Animation verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen Einfallswinkel, Lot und Reflexionswinkel. Fällt der Lichtstrahl genau senkrecht auf den Spiegel, so wird er genau so zurückgeworfen. Das machen wir uns zunutze, wenn wir in den Spiegel schauen.

Ohne Lichtquellen könnten alle diese Eigenschaften nicht beobachtet werden. Also zeigt der Film, dass es einer Lichtquelle bedarf, um überhaupt sehen zu können. Unterschiedliche Lichtquellen werden gezeigt und der Unterschied zwischen selbstleuchtender Lichtquelle (Lampe, Feuer, Sonne etc.) und beleuchteter Lichtquelle (Warnweste, Mond) wird aufgegriffen und erläutert.

Als Nächstes thematisiert der Film die Lichtbrechung. Ein Wasserglas mit einem geraden Trinkhalm wird gezeigt. Je nach Betrachtungswinkel erscheint der Trinkhalm

unterschiedlich stark geknickt. An diesem Beispiel erklärt der Film, dass Licht an Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Materialien (hier Wasser/Glas und Glas/Luft) gebrochen wird und dadurch abknicken kann.

Als weitere Grundlage behandelt der Film nun die Farbwahrnehmung. Es wird die Frage aufgeworfen, wie sich gleiche Gegenstände, die nur eine unterschiedliche Farbe besitzen, unterscheiden. Zum Verständnis von Farben zeigt der Film die Möglichkeit, Farben miteinander zu mischen. Eine Animation macht deutlich, was passiert, wenn man Licht der drei Grundfarben Rot, Blau und Grün miteinander mischt (additive Farbmischung). Hierbei werden die entstehenden Farben (Blau und Grün ergeben Cyan, Blau und Rot ergeben Magenta und Grün und Rot ergeben Gelb) gezeigt und benannt. Dort, wo alle drei Grundfarben gleichzeitig auftreffen, ist der Hintergrund weiß. Alle drei Grundfarben ergeben also wieder weißes Licht.

Als zweites Beispiel dafür, dass Farben Bestandteile des weißen Lichts sind, wird die Farbzerlegung an einem Dreiecksprisma gezeigt. Weißes Licht wird an einem Prisma so gebrochen, dass ein kontinuierliches Farbspektrum entsteht. Eine Animation erklärt den Versuchsaufbau. Die Vorgänge im Prisma werden beispielhaft an den beiden Farben Rot (schwächste Brechung) und Violett (stärkste Brechung) gezeigt. Beendet wird die Animation mit einem realen Aufbau, an dem die Lichtbrechung und das Farbspektrum nochmals gezeigt werden. Die Sequenz endet mit vielen bunten Seifenblasen, an denen das weiße Licht in die Spektralfarben zerlegt wird und die schillernden Farben sichtbar werden.

Um überhaupt sehen zu können, nutzt der Mensch seine Augen als Sinnesorgan für die Lichtwahrnehmung. Folglich ist der Vorgang im Auge auch wichtig, um erklären zu können, wie ein Regenbogen entsteht und warum wir diesen sehen können. Zunächst werden alle unsere Sinnesorgane benannt. Die Haut als Wärme- und Drucksensor, das Ohr zur Schallwahrnehmung, die Nase für Gerüche und die Zunge für den Geschmack. Als Letztes folgt unser Auge als Sinnesorgan für optische Reize. Der Aufbau des Auges mit der Hornhaut, der Linse und der Netzhaut wird ebenso durch eine Animation visualisiert wie der Vorgang der Lichtmengenregulierung durch die Pupille bei unterschiedlich starker Umgebungsbeleuchtung. Anschließend macht die Animation den Vorgang der Akkommodation zur Schärfenregulierung bei unterschiedlich weit entfernten Objekten deutlich. Der Aufbau der Netzhaut mit Stäbchen und Zapfen, deren Anordnung auf der Netzhaut und die Funktionen zum Schwarz-Weiß- und Farbsehen beenden die Sequenz zum Auge.

Zum Schluss geht der Film auf die zu Beginn gestellte Frage ein, wie ein Regenbogen nun genau entsteht. In einer Animation wird deutlich, dass der Betrachter einen Regenbogen nur dann sehen kann, wenn die Sonne in seinem Rücken steht, sich kleine Wassertropfen genau vor ihm befinden und Winkel und Beleuchtung so stimmen, dass der Regenbogen für ihn sichtbar wird. Die Animation erklärt, was genau passiert. Jeder Tropfen nimmt das Licht der Sonne auf und zerlegt es durch Brechung und Reflexion in seine einzelnen Farben. Weil jeder Tropfen einen etwas anderen Winkel zum Betrachter hat, sieht das Auge von dem jeweiligen Tropfen einen etwas anderen Farbanteil des zerlegten Lichtes. Dadurch entsteht der Eindruck, vor dem Betrachter entstände ein gebogener, farbiger Streifen.

Der Film endet mit der Aufforderung, einmal selbst einen Regenbogen entstehen zu lassen. Zwei Jugendliche zeigen, wie das geht: Man braucht dazu nur Sonnenschein und einen Gartenschlauch. Wählt man nun die richtige Richtung und sprüht feine Wassertropfen in die Luft, so entsteht der Regenbogen auch im eigenen Garten.

Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Die Schülerinnen und Schüler kennen zwar alle das Farbenspiel eines Regenbogens und erleben dieses Naturphänomen in der Regel mit Interesse und Faszination, sie können aber meistens gar keine oder nur unzureichende Erklärungen liefern, wie er entsteht. Diese Diskrepanz greift der Film auf und motiviert die Schülerinnen und Schüler, an diesem Beispiel die grundlegenden Eigenschaften von Licht aufzuarbeiten und zu verstehen.

Thema der Unterrichtseinheit:	Dem Regenbogen auf der Spur Eine Einführung in optische Phänomene
--------------------------------------	--

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen die Notwendigkeit einer Lichtquelle für das Sehen.
- verstehen die geradlinige Lichtausbreitung.
- lernen die Eigenschaften von Materialien bei Lichteinfall kennen (Transparenz, Halbdurchlässigkeit, Absorption, Schattenentstehung).
- entdecken den Aufbau des weißen Lichts als Kombination aller Farben.
- erfahren, dass durch die Mischung der Grundfarben andere Farben entstehen (additive Farbmischung).
- gewinnen einen Einblick in den Aufbau des menschlichen Auges.
- bekommen eine Vorstellung davon, wie das menschliche Auge funktioniert.
- lernen die Lichtbrechung kennen und übertragen sie auf die Zerlegung des Lichts durch ein Dreiecksprisma und durch die Wassertröpfchen im Regenbogen.

Einstieg

Wenn in der Schule die Möglichkeit besteht, sollte die Lehrkraft auf dem Schulhof vor den Augen der Schülerinnen und Schüler mit einem Wasserschlauch einen Regenbogen entstehen lassen. Das geht natürlich nur bei geeignetem Wetter. Bei den Vorbereitungen zu diesem Versuch - zum Beispiel wenn der Wasserschlauch angeschlossen wird - werden die Schülerinnen und Schüler aufgefordert, Überlegungen anzustellen, was wohl das Thema der Unterrichtseinheit sein könnte. Je nach Reife und Findigkeit der Klasse werden die Schülerinnen und Schüler vielleicht schon den Regenbogen nennen. Während der Vorführung kann die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler unterschiedlich zu den Wassertröpfchen positionieren, sodass einige von ihnen einen Regenbogen sehen, während die anderen die Erscheinung nicht wahrnehmen können. Zu diesem Zeitpunkt werden die Schülerinnen und Schüler schon Vermutungen zur Entstehung eines Regenbogens äußern oder Fragen stellen. Die eigentliche inhaltliche Auseinandersetzung sollte aber erst nach der Vorführung des Unterrichtsfilms erfolgen.

Sollte das Wetter nicht mitspielen oder keine Möglichkeit bestehen, mit einem Wasserschlauch zu arbeiten, so kann die Lehrkraft im Einstieg auch ein paar Seifenblasen oder die Oberfläche einer DVD zeigen und hinterfragen, ob die Schülerinnen

und Schüler ein solches Farbenspiel auch noch von anderen Situationen kennen. Meistens wird dann der Regenbogen genannt werden und die Lehrkraft kann das Thema der Unterrichtseinheit bekannt geben.

Vor der Filmvorführung

Die Lehrkraft teilt die Schülerinnen und Schüler in vier Lerngruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten ein. Um die Beobachtungsaufgabe und die Konzentration der Schülerinnen und Schüler zu fördern, erhält jede Lerngruppe vor der Filmvorführung Beobachtungs- und Arbeitsaufträge.

Abhängig von der Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler (Erfahrung mit Gruppenarbeit) und der Sachkompetenz können die Arbeitsaufträge auch geschlossen an den Klassenverband verteilt werden.

Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind die Aufgaben in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

leicht, mittel und schwer.

Beobachtungs- und Arbeitsaufträge

Erste Lerngruppe: Eigenschaften des Lichts

- 1. Beschreibe, wie sich Licht ausbreitet.
- 2. Erkläre, warum bei Sonnenschein hinter einem Baum ein Schatten entsteht.
- 3. Zähle drei verschiedene Lichtquellen auf.
- 4. Zeige mithilfe eines geeigneten Beispiels, dass es selbstleuchtende und beleuchtete Lichtquellen gibt.
- 5. Erkläre, was passiert, wenn Licht auf einen Gegenstand trifft. Benutze die Begriffe „undurchlässig“, „durchscheinend“ und „durchsichtig“. Gib jeweils zwei Beispiele, wo solche Materialien eingesetzt werden.
- 6. Erkläre das Reflexionsgesetz und zeichne einen Lichtstrahl, der unter einem 30°-Winkel auf einen Spiegel trifft. Zeichne das Lot, den Einfallswinkel und den Reflexionswinkel ein. Benutze ein Geodreieck.

Zweite Lerngruppe: Licht und Farben

- 1. Beschreibe, was passiert, wenn ein gerader Gegenstand in ein Wasserglas gelegt wird und man seitlich auf das Glas schaut.
- 2. Erkläre, wo genau die Lichtbrechung stattfindet.
- 3. Zähle die drei Grundfarben auf.
- 4. Nenne die drei Farben, die entstehen, wenn man das Licht der Grundfarben mischt, und erläutere, welche Grundfarben für welche Farbe gemischt werden müssen.
- 5. Beschreibe, was passiert, wenn weißes Licht in einem geeigneten Winkel auf ein Dreiecksprisma fällt.
- 6. Gib an, welche Farbe am wenigsten und welche Farbe am stärksten durch ein Dreiecksprisma gebrochen wird.

Dritte Lerngruppe: Das menschliche Auge

- 1. Zähle die fünf Sinnesorgane des Menschen auf.
- 2. Ordne den Sinnesorganen ihre Aufgaben zu.
- 3. Erkläre, welches Teil im Auge für die Regulierung der einfallenden Lichtmenge zuständig ist.
- 4. Nenne die beiden wichtigen Teile im Auge, durch die das Licht hindurchgeht, bevor es auf die Netzhaut trifft.
- 5. Erläutere, wie das Auge es schafft, unterschiedlich weit entfernte Objekte immer scharf auf der Netzhaut abzubilden.
- 6. Erkläre, welche Sinneszellen auf der Netzhaut Helligkeitsunterschiede wahrnehmen und welche Sinneszellen für die Farbwahrnehmung zuständig sind.

Vierte Lerngruppe: Der Regenbogen

- 1. Beschreibe die Position der Sonne, wenn du einen Regenbogen siehst.
- 2. Begründe, warum es regnen muss, damit ein Regenbogen sichtbar wird.
- 3. Erkläre, wie der Regenbogen vor unseren Augen entsteht.
- 4. Erläutere, wie du zu Hause bei Sonnenschein deinen eigenen Regenbogen entstehen lassen kannst.

Nach der Filmvorführung bearbeiten die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben mithilfe der Notizen, die sie während des Filmes gemacht haben. Im Unterrichtsgespräch werden die Ausarbeitungen dann besprochen, Schwerpunkte gegebenenfalls intensiviert und Fragen geklärt. Danach erfolgt eine gemeinsame Sammlung aller wichtigen Punkte, die dann als Hefteintrag von den Schülerinnen und Schülern angefertigt werden.

Die **folgenden Lösungen** geben kurz und knapp mögliche Antworten auf die einzelnen Aufgaben der Lerngruppen wieder. Aus Platzgründen können nicht bei allen Aufgaben vollständige und allumfassende Lösungen angegeben werden. Vertiefende Lösungen können den Fachbüchern entnommen werden.

Erste Lerngruppe: Eigenschaften des Lichts

- 1. Beschreibe, wie sich Licht ausbreitet. *Licht breitet sich geradlinig aus.*
- 2. Erkläre, warum bei Sonnenschein hinter einem Baum ein Schatten entsteht. *Fällt Licht auf einen lichtundurchlässigen Gegenstand, so kann es dahinter nichts beleuchten. Das Fehlen des Lichts ergibt den Schatten.*
- 3. Zähle drei verschiedene Lichtquellen auf. *Lampe, Display, Sonne, Feuer, Blitz, Glühwürmchen ...*
- 4. Zeige mithilfe eines geeigneten Beispiels, dass es selbstleuchtende und beleuchtete Lichtquellen gibt. *Beispiel Mond: Er wird nur von der Sonne angestrahlt. Bei einer Mondfinsternis wandert der Mond durch den (Kern-)Schatten der Erde und leuchtet nicht mehr, weil die selbstleuchtende Lichtquelle (Sonne) fehlt.*
- 5. Erkläre, was passiert, wenn Licht auf einen Gegenstand trifft. Benutze die Begriffe „undurchlässig“, „durchscheinend“ und „durchsichtig“. Gib jeweils zwei Beispiele, wo solche Materialien eingesetzt werden. *Man unterscheidet lichtundurchlässige, -halbdurchlässige und -durchlässige Materialien. Lichtundurchlässige Materialien absorbieren das gesamte Licht, dahinter entsteht ein Schatten. Halbdurchlässige Materialien reduzieren die Lichtmenge, lassen aber einen Teil hindurch. Der entstehende Schatten ist heller. Lichtdurchlässige Materialien lassen fast das gesamte Licht durch, es entsteht kein Schatten. Beispiele: Undurchlässig: Stein, Metall etc. Halbdurchlässig: Milchglas, Butterbrotpapier, Kunststoffe etc. Durchlässig: Glas, Luft etc.*

- 6. Erkläre das Reflexionsgesetz und zeichne einen Lichtstrahl, der unter einem 30°-Winkel auf einen Spiegel trifft. Zeichne das Lot, den Einfallswinkel und den Reflexionswinkel ein. Benutze ein Geodreieck. *Reflexionsgesetz: Der Reflexionswinkel ist genauso groß wie der Einfallswinkel. (Bei der Zeichnung darauf achten, dass die Schülerinnen und Schüler nicht den Winkel zwischen Lichtstrahl und Spiegel als Einfallswinkel nehmen, sondern den Winkel zwischen Lichtstrahl und Lot.)*

Zweite Lerngruppe: Licht und Farben

- 1. Beschreibe, was passiert, wenn ein gerader Gegenstand in ein Wasserglas gelegt wird und man seitlich auf das Glas schaut. *Der Gegenstand erscheint abgeknickt.*
- 2. Erkläre, wo genau die Lichtbrechung stattfindet. *Die Lichtbrechung findet immer an den Grenzschichten zwischen zwei optisch unterschiedlich dichten Stoffen statt. Im Fall des Wasserglases und dem Trinkhalm sowohl beim Übergang von Wasser zum Glas als auch beim Übergang vom Glas zur Luft.*
- 3. Zähle die drei Grundfarben auf. *Rot, Grün und Blau.*
- ⊙ 4. Nenne die drei Farben, die entstehen, wenn man das Licht der Grundfarben mischt und erläutere, welche Grundfarben für welche Farbe gemischt werden müssen. *Rot und Blau ergeben Magenta. Rot und Grün ergeben Gelb. Blau und Grün ergeben Cyan.*
- 5. Beschreibe, was passiert, wenn weißes Licht in einem geeigneten Winkel auf ein Dreiecksprisma fällt. *Das Licht wird an der Grenzschicht zwischen Luft und Prisma gebrochen. Beim Austritt aus dem Prisma wird es ein zweites Mal gebrochen. Durch die Form des Prismas erfolgen beide Brechungen in die gleiche Richtung. Da die Farben unterschiedlich stark gebrochen werden, wird das Licht in die einzelnen Spektralfarben zerlegt.*
- ⊙ 6. Gib an, welche Farbe am wenigsten und welche Farbe am stärksten durch ein Dreiecksprisma gebrochen wird. *Rot erfährt die schwächste Brechung, während Violett am stärksten gebrochen wird.*

Dritte Lerngruppe: Das menschliche Auge

- 1. Zähle die fünf Sinnesorgane des Menschen auf. *Auge, Nase, Zunge, Haut und Ohr*
- ⊙ 2. Ordne den Sinnesorganen ihre Aufgaben zu. *Auge: Sehen, Nase: Riechen, Zunge: Schmecken, Haut: Fühlen, Ohr: Hören*
- ⊙ 3. Erkläre, welches Teil im Auge für die Regulierung der einfallenden Lichtmenge zuständig ist. *Die Pupille reguliert die Lichtmenge, indem sie sich vergrößert oder verkleinert.*
- 4. Nenne die beiden wichtigen Teile im Auge, durch die das Licht hindurchgeht, bevor es auf die Netzhaut trifft. *Hornhaut und Linse.*
- 5. Erläutere, wie das Auge es schafft, unterschiedlich weit entfernte Objekte immer scharf auf der Netzhaut abzubilden. *Je dichter ein Gegenstand am Auge ist, desto mehr muss das Licht gebrochen werden. Das geschieht durch eine stärkere Krümmung der Linse. Sind Gegenstände weiter weg, so wird die Linse in die Länge gezogen und das Licht nicht mehr so stark gebrochen. So entsteht ein scharfes Bild auf der Netzhaut.*
- ⊙ 6. Erkläre, welche Sinneszellen auf der Netzhaut Helligkeitsunterschiede wahrnehmen und welche Sinneszellen für die Farbwahrnehmung zuständig sind. *Für die Helligkeitsunterschiede sind die sogenannten Stäbchen zuständig. Für das Farbsehen gibt es drei Arten von Zapfen, die jeweils im Bereich der drei Grundfarben Reize aufnehmen und verarbeiten können.*

Vierte Lerngruppe: Der Regenbogen

- 1. Beschreibe die Position der Sonne, wenn du einen Regenbogen siehst. *Die Sonne muss sich hinter dir befinden.*
- ⊙ 2. Begründe, warum es regnen muss, damit ein Regenbogen sichtbar wird. *Das Licht muss durch irgendetwas wieder zurück zum Betrachter gelenkt werden. Die einzelnen Wassertropfen brechen und reflektieren das Licht so, dass es wieder zum Betrachter kommt.*
- 3. Erkläre, wie der Regenbogen vor unseren Augen entsteht. *In jedem Wassertropfen findet Lichtbrechung und Reflexion statt. Dabei werden die Farben unterschiedlich stark gebrochen. In einem gewissen Winkel zum Beobachter brechen die einzelnen Wassertröpfchen jeweils einen Farbanteil des Lichts so, dass es ins Auge gelangt. Alle zusammen ergeben dann den Regenbogen.*
- ⊙ 4. Erläutere, wie du zu Hause bei Sonnenschein deinen eigenen Regenbogen entstehen lassen kannst. *Du brauchst die Sonne im Rücken und zerstäubst vor dir die Wassertröpfchen mit dem Wasserschlauch. Dann entsteht automatisch vor dir der Regenbogen.*

Ergänzende Informationen

Hinweis: Bei den Animationen wurden einige Vorgänge didaktisch reduziert, damit der Film auch in den unteren Klassenstufen gezeigt werden kann. Sollte der Film in höheren Klassenstufen eingesetzt werden, so kann z. B. bei der Lichtbrechung auch auf die Teilreflexion oder die Totalreflexion näher eingegangen werden. Beim Auge können die fehlenden Teile wie der Glaskörper, die Aderhaut, die Lederhaut, der blinde Fleck oder der gelbe Fleck näher besprochen werden.

Licht als elektromagnetische Welle:

Das sichtbare Licht ist nur ein kleiner Teil des elektromagnetischen Wellenspektrums. Das gesamte elektromagnetische Wellenspektrum spannt sich vom Niederfrequenzband über Radiowellen, Mikrowellen bis hin zur Infrarotstrahlung. Dann folgt das für uns sichtbare Licht. Danach schließt sich die ultraviolette Strahlung an. Nach den Röntgenstrahlen endet das elektromagnetische Spektrum bei den Gammastrahlen.

Wellenlängen von Farben:

Sehr häufig werden die Farbwahrnehmungen im Auge den Wellenlängen der elektromagnetischen Welle zugeordnet. Diese Angabe ist aber nur richtig, wenn man von der Ausbreitung im Vakuum ausgeht. Beim Durchgang des Lichts durch z. B. Glas oder Luft ändert sich die Lichtgeschwindigkeit und somit auch die Wellenlänge des Lichtes. Daher ist es sinnvoller, die Frequenz des Lichtes anzugeben, da diese unabhängig von der Lichtgeschwindigkeit ist. Näherungsweise kann man aber auch die Wellenlängen angeben. Hierbei hat die Farbe Rot die größte Wellenlänge (etwa 700 nm), während Violett die geringste Wellenlänge aufweist (etwa 400 nm).

Ähnliche Farberscheinungen wie beim Regenbogen:

Als ein möglicher Unterrichtseinstieg wird vorgeschlagen, mit Seifenblasen oder einer DVD-Oberfläche zu beginnen. Hierbei sollte man wissen, dass die Lichterscheinungen nicht direkt mit denen im Regenbogen vergleichbar sind. Zwar sieht man sowohl bei den Seifenblasen als auch bei der DVD-Vorderseite bunte Farberscheinungen, diese entstehen aber durch Interferenz an dünnen Schichten. Hierbei findet ebenfalls Lichtbrechung und Reflexion statt. Durch die dünne Schicht einer Seifenblase beispielsweise wird ein Teil des einfallenden Lichts an der Außenseite der Seifenblase reflektiert. Ein Teil wird gebrochen und an der Innenseite reflektiert. Dadurch sind die Wellen leicht verschoben. Je nach Frequenz und Dicke der Seifenblasenwand können sich die Wellen verstärken (konstruktive Interferenz) oder auslöschen (destruktive Interferenz). Somit werden Farbanteile verstärkt oder ausgelöscht. Es entstehen die schillernden Farberscheinungen.

Wahrnehmung von Farben:

Obwohl Farben heute physikalisch durch Wellenlänge und Frequenz definiert werden, ist der Farbeindruck des Auges viel komplexer. Durch unterschiedliche Beleuchtungen, unterschiedliche Farbrezeptorsignale im Auge und durch eine Vielzahl weiterer Faktoren können Menschen völlig unterschiedliche Farbwahrnehmungen bei ein und derselben Szene wahrnehmen. Auf diese Effekte kann aus Zeitgründen im Film ebenso wenig eingegangen werden wie auf die psychologische Wirkung von Farben. Diese spannenden Punkte können sich aber sehr gut an die rein physikalische Betrachtung in diesem Film anschließen, wenn Zeit und Interesse der Schülerinnen und Schüler vorhanden sind.

Übersicht über die Materialien

Ziffern:	1. Schwerpunkt	1.1 Problemstellung	1.1.1 Material
Abkürzungen:	F = Filmclip	Sch = Schaubild	Fo = Foto
	T = Text	Tt = Texttafel	A = Arbeitsblatt
			☞ = interaktiv

1. Eigenschaften des Lichts		
Filmsequenz (5:35 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
1.1 Was sind Lichtquellen und beleuchtete Körper?		
1.1.1	Unsere wichtigste natürliche Lichtquelle	Fo DVD-Video + ROM
1.1.2	Weitere natürliche Lichtquellen	Fo DVD-Video + ROM
1.1.3	Künstliche Lichtquellen - eine Auswahl	Fo DVD-Video + ROM
1.1.4	Beispiele für beleuchtete Körper	Tt DVD-Video + ROM
1.1.5	Arbeitsblatt: Lichtquellen und beleuchtete Körper	A☞ DVD-ROM
1.2 Wie breitet sich Licht aus?		
1.2.1	Filmclip: Das Reflexionsgesetz (0:50)	F DVD-Video + ROM
1.2.2	Wie sich Licht ausbreitet	Sch DVD-Video + ROM
1.2.3	Ein Baum und sein Schatten	Fo DVD-Video + ROM
1.2.4	Lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Gegenstände	Tt DVD-Video
1.2.4	Lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Gegenstände	Tt/T DVD-ROM
1.2.5	Wie Körper Licht zurückwerfen	Sch DVD-Video + ROM
1.2.6	Wann wir einen Gegenstand sehen	Sch DVD-Video + ROM
1.2.7	Ein Experiment zur Lichtbrechung	Fo DVD-Video
1.2.7	Ein Experiment zur Lichtbrechung	Fo/T DVD-ROM
1.2.8	Arbeitsblatt: Ein Versuch zur Brechung des Lichts	A DVD-ROM

2. Licht und Farben		
Filmsequenz (3:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
2.1 Woher kommen die Farben?		
2.1.1	Filmclip: Was Farbe überhaupt ist (0:50)	F DVD-Video + ROM
2.1.2	Warum wir Körper farbig sehen	Tt DVD-Video + ROM

2.1.3	Weißes Licht ist voller Farben	Sch	DVD-Video
2.1.3	Weißes Licht ist voller Farben	Sch/T	DVD-ROM
2.1.4	Additive Farbmischung	Sch	DVD-Video + ROM
2.1.5	Arbeitsblatt: Von farbigen Lichtern	A	DVD-ROM

3. Das menschliche Auge			
Filmsequenz (4:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
3.1 Wie funktioniert das Sehen?			
3.1.1	Filmclip: Wie ein scharfes Bild entsteht (1:35)	F	DVD-Video + ROM
3.1.2	Filmclip: Wie wir Farben sehen (1:00)	F	DVD-Video + ROM
3.1.3	Der Aufbau des menschlichen Auges	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.4	Das Sehen - mit Auge und Gehirn	Sch	DVD-Video
3.1.4	Das Sehen - mit Auge und Gehirn	Sch/T	DVD-ROM
3.1.5	Die Anpassung an verschiedene Lichtverhältnisse	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.6	Die Entfernungseinstellung	Sch	DVD-Video
3.1.6	Die Entfernungseinstellung	Sch/T	DVD-ROM
3.1.7	Von Stäbchen und Zapfen	Tt	DVD-Video
3.1.7	Von Stäbchen und Zapfen	Tt/T	DVD-ROM
3.1.8	Optische Täuschungen	Sch	DVD-Video + ROM
3.1.9	Tieraugen mit besonderen Fähigkeiten	Fo	DVD-ROM
3.1.10	Arbeitsblatt: Wie wir sehen und wie unser Auge aufgebaut ist	A [∞]	DVD-ROM
3.1.11	Arbeitsblatt: Ein Augen-Quiz	A [∞]	DVD-ROM

4. Der Regenbogen			
Filmsequenz (2:30 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
4.1 Wie entsteht ein Regenbogen?			
4.1.1	Filmclip: Wie ein Regenbogen entsteht (1:15)	F	DVD-Video + ROM
4.1.2	Der Regenbogen - eine faszinierende Naturerscheinung	Fo	DVD-Video + ROM
4.1.3	Wann wir einen Regenbogen sehen können	Sch	DVD-Video + ROM
4.1.4	Was genau in den Regentropfen passiert	Sch	DVD-Video + ROM
4.1.5	Wie ein doppelter Regenbogen aussieht	Fo	DVD-Video + ROM
4.1.6	So erzeugst du deinen eigenen Regenbogen	Tt	DVD-Video + ROM
4.1.7	Arbeitsblatt: Rund um den Regenbogen	A [∞]	DVD-ROM
4.1.8	Arbeitsblatt: Teste dein Wissen zur Optik	A	DVD-ROM

Didaktische Merkmale der WBF-DVD

- Der **didaktischen Konzeption** liegen die Bildungsstandards und Lehrpläne zugrunde, wobei Kompetenzen und Operatoren eine zentrale Rolle spielen. Durch die Berücksichtigung der Lernziel-, Problem- und Handlungsorientierung werden entdeckendes Lernen ermöglicht sowie die Sach-, Methoden-, Medien-, Urteils- und Handlungskompetenz der Schülerinnen und Schüler gefördert.
- Die DVD ist in **Schwerpunkte** unterteilt, die der Untergliederung des Unterrichtsfilms in Sequenzen entsprechen. Den Schwerpunkten sind **Problemstellungen** zugeordnet, die sich mit den angebotenen Materialien bearbeiten lassen.
- Das **Unterrichtsmaterial** umfasst zahlreiche Quellen wie Filmclips, Texttafeln, Fotos, Texte und Schaubilder.
- Zu allen Unterrichtsmaterialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien wird das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge angeboten. Die Arbeitsaufträge ermöglichen den Lerngruppen einen gezielten Zugang zu den Materialien, da die verschiedenen Kompetenzbereiche abgedeckt werden. Die mehrschrittigen Arbeitsaufträge erleichtern die **Binnendifferenzierung**.
- Die **Arbeitsblätter** auf dem DVD-ROM-Teil können als PDF- und als Word-Datei ausgedruckt werden. Sie fördern die selbstständige und handlungsorientierte Erschließung und Bearbeitung einzelner Problemfelder. Zu allen Arbeitsblättern werden - soweit möglich - Lösungen angeboten. Die vorgegebenen Arbeitsaufträge auf den Arbeitsblättern sind nicht verbindlich, sondern können reduziert, ergänzt oder weggelassen werden. Zusätzlich bietet der DVD-ROM-Teil **interaktive Arbeitsblätter** an. Diese Arbeitsblätter können auch an einem **Whiteboard** bearbeitet werden (siehe Seite 3).

Anregungen für den Unterricht: Einsatz der gesamten WBF-DVD

Das umfangreiche Zusatzmaterial zu jedem Schwerpunktthema ist ein Angebot, das selbstverständlich nicht in seinem vollen Umfang bearbeitet werden kann. Je nach Zielvorstellung, Klassensituation und der zur Verfügung stehenden Zeit sollte die Lehrkraft die Materialien auswählen und zusammenstellen.

Vor der Filmvorführung: Die Einstiegsphase (siehe Seite 7) kann auch für den Einsatz der DVD übernommen werden. Anschließend schreibt die Lehrkraft die Beobachtungs- und Arbeitsaufträge (siehe Seite 8/9) an die Tafel bzw. verteilt sie an die Schülerinnen und Schüler. Der Film wird zunächst als Einheit vorgeführt.

Nach der Filmvorführung äußern die Schülerinnen und Schüler spontan ihre Eindrücke und berichten ausführlich über Einzelheiten, die sie im Unterrichtsfilm über den Regenbogen erfahren haben. Die Auswertung erfolgt nach dem Vorschlag auf Seite 9.

Je nach der zur Verfügung stehenden Zeit und dem Arbeitsverhalten der Klasse kann die weiterführende Erarbeitungsphase arbeitsteilig oder im Klassenverband geschehen. Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an.

1. Möglichkeit: Bearbeitung im Klassenverband

Für eine Bearbeitung im Klassenverband strukturiert die Lehrkraft die Materialien vor. Damit kann der Lernfortschritt dem Leistungsstand der Klasse angepasst werden. Die **Arbeitsaufträge** erleichtern die Erschließung der Materialien.

Ein Beispiel für diese Form der Erarbeitungsphase:

Thema: Eigenschaften des Lichts

- Nenne unsere wichtigste natürliche Lichtquelle.
- Erläutere, wodurch sich natürliche von künstlichen Lichtquellen unterscheiden.
- Gib wieder, was beleuchtete Körper sind.
- Erkläre den Unterschied zwischen selbstleuchtenden Lichtquellen und beleuchteten Körpern.

Materialien	DVD-Video-Teil	⇒	1.1.1 - 1.1.4
	DVD-ROM-Teil	⇒	1.1.1 - 1.1.4

- Erkläre das Reflexionsgesetz.
- Beschreibe, wie sich Licht ausbreitet.
- Erkläre, wie ein Schatten entsteht.
- Berichte, unter welchen Bedingungen ein Gegenstand für uns sichtbar ist.
- Erkläre, was wir unter Absorption, Reflexion und Streuung verstehen.
- Erarbeite eine Definition für den Begriff Lichtbrechung. Nutze hierfür auch das Internet oder dein Schulbuch.

Materialien	DVD-Video-Teil	⇒	1.2.1 - 1.2.7
	DVD-ROM-Teil	⇒	1.2.1 - 1.2.7

2. Möglichkeit: Freie Bearbeitung in Gruppen oder an Stationstischen

Das umfangreiche Zusatzmaterial bietet die Möglichkeit, die Problemstellungen - je nach Schülerinteressen - in Gruppenarbeit oder an Stationstischen frei zu erarbeiten. Diese Vorgehensweise ist schülernah und problemorientiert.

3. Möglichkeit: Vorstrukturierung der Gruppenarbeit durch die Lehrkraft

Die Lehrkraft stellt aus dem DVD-ROM-Teil zu jedem der Themenbereiche Materialien zusammen, druckt sie aus und kopiert sie. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden möglichst selbstständig, wer welches Thema erarbeitet.

Ein Beispiel für diese Form der Erarbeitungsphase:

1. Gruppe: Licht und Farben

- Berichte, was du über Farbe erfährst.
- Schildere, was wir unter Körperfarbe verstehen.
- Erkläre, was Spektralfarben sind.
- Erläutere, was wir unter „additiver Farbmischung“ verstehen.

Materialien	DVD-Video-Teil	⇒	2.1.1 - 2.1.4
	DVD-ROM-Teil	⇒	2.1.1 - 2.1.4

