



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

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

Energieträger Wasserstoff

Wie kann er unseren Alltag verändern?



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

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 5. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Naturwissenschaften, Physik, Technik,
Chemie, Gesellschaftslehre, Politik

Kurzbeschreibung des Films

Die Energieversorgung in Deutschland ist im Wandel. Es müssen Alternativen zu den fossilen Energieträgern gefunden werden und Wasserstoff könnte zumindest in Teilbereichen zu einer deutlich besseren Umweltbilanz führen. Der Film informiert über Primär- und Sekundärenergieträger und verdeutlicht ihren Einsatz in Deutschland an zwei Schlüsselbeispielen: der Mobilität und der Wärmeerzeugung für Wohnraum. Der Einsatz von Wasserstoff bei der Verbrennung oder in einer Brennstoffzelle führt zu einer deutlichen Schadstoffreduktion. Dem Nutzen des Einsatzes von grünem Wasserstoff werden auch die Nachteile und Unsicherheiten beim Umstieg auf eine Wasserstoffenergieversorgung entgegengesetzt.

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler lernen Primärenergieträger von Sekundärenergieträgern zu unterscheiden. Ebenso erkennen sie den Unterschied zwischen fossilen und regenerativen Energieträgern. Sie vergegenwärtigen sich die Problematik unserer aktuell auf fossilen Energieträgern aufgebauten Versorgung und erkennen die Notwendigkeit einer Veränderung. Die Vorteile eines Umstieges auf den Energieträger Wasserstoff werden ebenso deutlich wie die noch ungelösten Probleme bei der Herstellung von (grünem) Wasserstoff und dem damit verbundenen massiven Ausbau der regenerativen Energie.

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: Einsatz der gesamten WBF-DVD	S. 14

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. Über das Menü können der Hauptfilm, die Filmsequenzen und die zusätzlichen Filmclips abgespielt werden.

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

Filmsequenzen und zusätzliche Filmclips: Der WBF-Unterrichtsfilm ist in Filmsequenzen unterteilt. Die Filmsequenzen und die zusätzlichen Filmclips können einzeln angewählt werden.

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

○ leicht	◐ mittel	● schwer
----------	----------	----------

DVD-ROM-Teil

Im DVD-Laufwerk Ihres PC können Sie den DVD-ROM-Teil über den Explorer durch Öffnen der **Index-Datei** starten. Der **Hauptfilm**, die **Filmsequenzen** und die zusätzlichen **Filmclips** werden über das Hauptmenü gestartet.

Der DVD-ROM-Teil bietet zahlreiche **weiterführende Materialien**, interaktive Arbeitsblätter (siehe Seite 3) und hilfreiche Informationen wie zum Beispiel das didaktische Unterrichtsblatt oder Lehrplanbezüge für alle Bundesländer.

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, z. B.:

Hauptmenü	Schwerpunkt	Problemstellung	Material
Schwerpunkte	2. Wasserstoff in der Mobilität	2.1 Welche Möglichkeiten bietet Wasserstoff als Antrieb?	2.1.6 An der Wasserstofftankstelle

Alle Materialien können als PDF- oder Word-Datei aufgerufen und ausgedruckt werden. Sie sind nach den Schwerpunkten und Problemstellungen gegliedert. Zu allen Materialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten.

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 **Sammlungen 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 die Filmsequenzen und Filmclips**
- 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 **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 **interaktiven Arbeitsblättern**. Sie können diese Arbeitsblätter direkt über die Startseite unter **Interaktive Arbeitsblätter** oder über die Schwerpunkte und Problemstellungen aufrufen. Die interaktiven Arbeitsblätter (HTML5/H5P) können an verschiedenen Endgeräten bearbeitet werden (z. B. Whiteboard, Tablets ...).

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.

Systemvoraussetzungen für den Einsatz der DVD-ROM:

Windows 7, 8 und 10, Mac OS Sierra 10.7.5 und höher, DVD-Laufwerk mit gängiger Abspielsoftware, 16-Bit-Soundkarte mit Lautsprechern, Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel oder höher

Struktur der WBF-DVD

Unterrichtsfilm: Energieträger Wasserstoff Wie kann er unseren Alltag verändern?	
1. Schwerpunkt Energieträger	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)	
1.1	Was sind Energieträger?
2. Schwerpunkt Wasserstoff in der Mobilität	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)	
2.1	Welche Möglichkeiten bietet Wasserstoff als Antrieb?
3. Schwerpunkt Wasserstoff als Wärme- und Stromlieferant	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (2:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)	
3.1	Wie können wir zukünftig Wasserstoff zu Hause nutzen?
4. Schwerpunkt Der Wasserstoff	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (2:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellungen, Materialien (siehe Seite 13)	
4.1	Was ist Wasserstoff und wie wird er erzeugt?
4.2	Welche Vorteile und welche Nachteile hat der Energieträger Wasserstoff?

Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher

- Die Energieversorgung in Deutschland
- Was sind Energieträger?
- Die Unterscheidung von Primär- und Sekundärenergieträgern
- Die Verbrennung fossiler Brennstoffe als eine Ursache des Klimawandels
- Der Wasserstoff als Sekundärenergieträger und Energiespeicher
- Die Nutzung von fossilen Energieträgern im Verkehrs- und Wohnsektor und die damit verbundenen Schadstoffemissionen
- Die Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff in Alltagsbereichen heute und in Zukunft
- Die Probleme bei der Herstellung und dem Einsatz von Wasserstoff

Inhalt des Films

Der Film zeigt zum Einstieg einen historischen Vergleich. Während früher Pferde schwere Lasten zogen, nutzen wir heute hoch entwickelte Maschinen wie Kräne oder Traktoren. Aber überall dort, wo Arbeit verrichtet wird, muss etwas die dafür benötigte Energie zur Verfügung stellen. Auch beim Heizen unserer Häuser hat sich vieles geändert. Während früher Kohle und Holz verwendet wurden, sind heute Gas und Öl die Hauptenergieträger zur Wärmeengewinnung. Doch all diese Stoffe geben bei der Verbrennung eine Menge Schadstoffe frei, die in unsere Atmosphäre gelangen. Der Film wirft die Frage auf, welche Alternativen es gibt. Ein möglicher Energieträger für die Zukunft könnte Wasserstoff sein.

Zum besseren Verständnis nimmt der Film nun die Frage auf, was Energieträger überhaupt sind und wie man sie einteilen kann. Als Beispiel wird ein Junge gezeigt, der eine Scheibe Brot isst. Dabei nimmt er Energie zu sich. Diese kann er nutzen, um sich sportlich zu betätigen. Außerdem braucht er die Energie, damit er seine Körpertemperatur konstant halten kann. In dem Brot ist chemische Energie gespeichert, die in unserem Körper umgewandelt werden kann.

Eine mögliche Einteilung der Energieträger ist die Aufteilung in Primär- und Sekundärenergieträger. So zählen Kohle, Erdöl und Erdgas zu den Primärenergieträgern. Sie werden auch als fossile Energieträger bezeichnet. Weitere primäre Energieträger sind Sonne, Wind und angestautes Wasser. Sie gelten als regenerative Energieformen, da sie durch die Sonnenenergie ständig erneuert werden und somit fast unbegrenzt vorhanden sind. Sowohl die oben genannten fossilen als auch die regenerativen Energien sind sogenannte Primärenergieträger. So werden die Energieträger bezeichnet, die in der Natur vorhanden sind, ohne dass der Mensch sie verändert hat. Häufig können wir jedoch die Primärenergieträger nicht direkt nutzen. Der Film zeigt ein Smartphone. Dieses lässt sich nicht mit Kohle oder Wind betreiben. Wir benötigen dafür einen anderen Energieträger. Die Sekundärenergieträger sind vom Menschen umgewandelte Formen der Primärenergie. Als Beispiele werden der elektrische Strom oder das Benzin für unsere Autos genannt.

Anschließend wird die Problematik der fossilen Energieträger angesprochen. Im Auto liefert heutzutage meist ein Verbrennungsmotor die benötigte Energie, im Haus eine Heizung, die mit Öl oder Gas befeuert wird. Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen werden diverse Schadstoffe und Verbrennungsrückstände an die Umwelt abgegeben. Diese verändern die Atmosphäre und tragen zum Klimawandel bei. Daher muss eine Alternative gesucht werden, die möglichst ohne Schadstoffemissionen Energie liefern kann. Der Wasserstoff wäre ein solcher Energielieferant. Er ist eine Sekundärenergiequelle, da er bei uns auf der Erde nicht in reiner Form vorkommt und erst vom Menschen in seine reine, gasförmige Form überführt werden muss.

Der Film greift nun auf, wo der Wasserstoff in der Mobilität und beim Wohnen eingesetzt werden könnte.

Bei Fahrzeugen gibt es schon einen Weg, den Verbrennungsmotor zu ersetzen: den Elektromotor mit gespeicherter elektrischer Energie in Akkumulatoren. Der Film spricht Vor- und Nachteile des Einsatzes eines solchen Elektromotors an. Er hat einen sehr hohen Wirkungsgrad, ist wartungsarm und langlebig. Die Nachteile liegen also nicht direkt beim Elektromotor, sondern bei den Batterien. Diese sind noch sehr schwer und werden unter hohem Aufwand von Rohstoffen und Energie produziert. Auch das Aufladen dauert noch länger als das Betanken. Eine Alternative wäre ein Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle. Diese liefert die elektrische Energie für den Motor, indem sie Wasserstoff in einem chemischen Prozess mit Sauerstoff verbindet. Dabei entstehen elektrische Energie, Wärme und Wasser, aber keine Schadstoffe. Es gibt jedoch nur sehr wenige Wasserstofftankstellen und der zu tankende Wasserstoff muss ohne Schadstoffaufwand hergestellt werden, damit das Klima wirklich geschont wird. Die Entwicklung von Fahrzeugen mit Brennstoffzelle wird zurzeit eher im Schwerlastverkehr betrieben, weil hier das Gewicht und die Ladezeiten eine größere Rolle spielen als beim Pkw-Verkehr.

Auch beim Beheizen unserer Wohnungen könnte Wasserstoff eine Lösung sein, die Emissionen deutlich zu reduzieren. Wird in einem Heizkessel Wasserstoff statt Erdgas verbrannt, so entstehen bei dieser Verbrennung kaum noch Schadstoffe. Und durch den Einsatz einer Brennstoffzelle als Heizung würde man nicht nur emissionsfrei heizen, man würde zusätzlich den benötigten elektrischen Strom selbst produzieren. Dieses würde zu einer deutlichen Reduktion des Schadstoffausstoßes führen. Jedoch sind solche Geräte erst in der Erprobungsphase und die Wärmemenge ist noch begrenzt.

Wofür der Wasserstoff auch eingesetzt wird, als Erstes muss er in seine gasförmige Form gebracht werden. Heutzutage geschieht dieses hauptsächlich durch Herauslösung des Wasserstoffes aus fossilen Energieträgern. Das wiederum ist nicht klimaneutral und somit mit Schadstoffbelastungen verbunden. Hier kommt der grüne Wasserstoff ins Spiel. Er wird so genannt, weil er durch Elektrolyse produziert wird und der elektrische Strom für die Elektrolyse ausschließlich aus regenerativen Energieformen kommt. Nur dann ist der Wasserstoff tatsächlich klimaneutral. Wird dieser Wasserstoff in Anlagen verbrannt oder in Brennstoffzellen eingesetzt, dann entstehen tatsächlich bei dem gesamten Prozess der Energieumwandlung keine klimaschädlichen Abgase. Und nur in diesem Fall kann Wasserstoff auch tatsächlich helfen, unseren Schadstoffausstoß zu verringern. Allerdings bräuchten wir dann viel mehr regenerative Energie und die vorhandenen Kapazitäten der Wind-, Wasser- und Sonnenkraftwerke müssten extrem ausgebaut werden. Daher steht vor dem flächendeckenden Einsatz von Wasserstoff heute noch ein großes Fragezeichen.

Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Die Energiewende ist ein bestimmendes Thema unserer Zeit. Durch die jahrzehntelange Nutzung fossiler Brennstoffe wurden viele Schadstoffe freigesetzt und unser Klima nachhaltig verändert. Es ist ein Umdenken in unserer Energieversorgung unumgänglich und mit dem Wasserstoff haben wir eine mögliche Alternative, mit der eine deutliche Reduzierung der ausgestoßenen Schadstoffe möglich scheint. Allerdings ist es bis dahin noch ein längerer Weg und die Wasserstoffumstellung wird sehr viel Geld und Zeit benötigen.

Thema der Unterrichtseinheit:	Energieträger Wasserstoff Wie kann er unseren Alltag verändern?
--------------------------------------	--

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- lernen, die Energieträger in Primär- und Sekundärenergieträger einzuteilen und zu unterscheiden.
- erkennen den Unterschied zwischen regenerativen und fossilen Energieträgern.
- verstehen die Problematik unserer auf fossilen Energien beruhenden Versorgung und vergegenwärtigen sich die Notwendigkeit der Veränderung.
- können die Vor- und Nachteile eines Umstiegs auf Wasserstoff an den Beispielen der Mobilität und der Gebäudeerwärmung herleiten und begreifen.
- bringen die unterschiedlichen Wasserstoffarten mit den dahintersteckenden Herstellungsverfahren zusammen und verstehen die Problematiken bei der Wasserstoffherstellung.
- begreifen, dass die Energiewende und der Umstieg auf Wasserstoff eine zeit- und kostenintensive Umstellung sein werden.

Einstieg

Ein möglicher Einstieg wäre es, die Stunde mit der Vorstellung der verschiedenen Energieformen zu beginnen. Die Lehrkraft stellt als stillen Impuls eine Kerze auf das Pult und zündet diese an. Durch einen sehr langen Docht rußt die Kerze und man sieht den Qualm aufsteigen. Nun kann man die Schülerinnen und Schüler bitten, Vermutungen anzustellen, worum es in der heutigen Stunde gehen könnte. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler werden gesammelt und so strukturiert, dass es einen Themenbereich „Unsere Energieversorgung durch fossile Brennstoffe“ gibt. Ohne weitere Erarbeitung wird dann erst einmal der Film angeschaut.

Eine andere Möglichkeit des Einstiegs wäre die Thematisierung des Klimawandels. Die Lehrkraft beginnt die Stunde mit einem Brainstorming zum Thema „Klimawandel“. Die Schülerinnen und Schüler schreiben auf einen DIN-A3-Zettel in Zweier- bis Vierergruppen auf, was ihnen zum Stichwort „Klimawandel“ einfällt. Der Begriff Klimawandel wird dabei in der Mitte des Blattes notiert. Nach einer kurzen Zeit kann der Lehrende passende Begriffe der Schülergruppen an der Tafel sammeln und strukturieren, so dass die grundlegenden Bereiche des Klimawandels (Ursachen, zeitliche Einordnung, Zusammenhänge und Zukunftsperspektiven) für die Schülerinnen und Schüler an der Tafel visualisiert und verschriftlicht werden.

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: Energieträger

- 1. Unterscheide zwischen Primär- und Sekundärenergie. Erkläre den Unterschied.
- 2. Nenne jeweils zwei Beispiele für Primär- und Sekundärenergieträger.
- 3. Erkläre die Begriffe „fossil“ und „regenerativ“.
- 4. Nenne jeweils drei Beispiele für regenerative und fossile Energieträger.
- 5. Ordne Wasserstoff zu Primär- oder Sekundärenergie zu. Begründe.

Zweite Lerngruppe: Wasserstoff und Mobilität

- 1. Nenne drei Arten, wie Fahrzeuge angetrieben werden können.
- 2. Gib die Unterschiede von Verbrennungsmotor und Elektromotor an.
- 3. Gib die Unterschiede zwischen Akku-Elektroauto und Brennstoffzellenauto an.
- 4. Nenne Vor- und Nachteile der Elektroautos mit Akkumulatoren.
- 5. Stelle dem nun die Vor- und Nachteile eines Brennstoffzellenautos gegenüber.

Dritte Lerngruppe: Wasserstoff und Heizungen

- 1. Führe auf, welche Brennstoffe in Deutschland hauptsächlich für Heizungen verwendet werden.
- 2. Erläutere den Vorteil, den eine Heizung hat, die reinen Wasserstoff verbrennt.
- 3. Erkläre die Funktionsweise einer Brennstoffzelle.
- 4. Entwirf ein Haus, welches völlig autark (unabhängig) den eigenen Strom und die eigene Wärme produzieren könnte.
- 5. Erläutere, warum die Umstellung auf Wasserstoffheizungen wohl noch lange Zeit in Anspruch nehmen wird.

Vierte Lerngruppe: Vor- und Nachteile von Wasserstoff

- 1. Nenne zwei Vor- und zwei Nachteile für Wasserstoff als Energieträger.
- 2. Erkläre, in welchem Zusammenhang der Ausbau der regenerativen Energien und die Wasserstoffproduktion stehen.
- 3. Erläutere den Begriff „grüner Wasserstoff“.
- 4. Gib eine eigene Einschätzung ab, wie du zum Energieträger Wasserstoff stehst.

Nach der Filmvorführung bearbeiten die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsaufträge mithilfe der Notizen, die sie während des Filmes gemacht haben. Im Unterrichtsgespräch werden die Ausarbeitungen dann besprochen, Schwerpunkte gegebenenfalls intensiviert und Unklarheiten beseitigt. 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 Lerngruppenaufgaben wieder. Aus Platzgründen können nicht bei allen Aufgaben vollständige und allumfassende Lösungen angegeben werden. Vertiefende Lösungen können den Fachbüchern entnommen werden.

Erste Lerngruppe: Energieträger

- ⊙ 1. Unterscheide zwischen Primär- und Sekundärenergie. Erkläre den Unterschied.
Primärenergie: Aus der Natur ohne Änderungen durch die Menschen.
Sekundärenergie: Durch den Menschen bearbeitete Energieformen.
- 2. Nenne jeweils zwei Beispiele für Primär- und Sekundärenergieträger.
Primärenergieträger: Kohle, Erdgas, Erdöl, Uran etc.
Sekundärenergieträger: elektrischer Strom, Benzin, Wasserstoff
- ⊙ 3. Erkläre die Begriffe „fossil“ und „regenerativ“.
Fossil: Durch chemische Prozesse über einen langen Zeitraum entstandene Energieträger.
Regenerativ: Sich selbst erneuernde Energieform. Meist ursächlich Sonnenenergie.
- 4. Nenne jeweils drei Beispiele für regenerative und fossile Energieträger.
Fossile Energieträger: Erdöl, Erdgas, Kohle, etc.
Regenerative Energieträger: Sonne, Wind, fließendes Wasser, Biomasse etc.
- ⊙ 5. Ordne Wasserstoff zu Primär- oder Sekundärenergie zu. Begründe.
Der Wasserstoff ist eine Sekundärenergie, da er auf der Erde nicht in seiner gasförmigen Form vorkommt und der Mensch erst einmal den Wasserstoff aus Verbindungen wie Wasser oder Methan herauslösen muss.

Zweite Lerngruppe: Wasserstoff und Mobilität

- 1. Nenne drei Arten, wie Fahrzeuge angetrieben werden können.
Verbrennungsmotor mit Benzin, Diesel oder Erdgas als Energiequelle.
Elektromotor mit Akkumulatoren.
Elektromotor mit Brennstoffzelle.
- ⊙ 2. Gib die Unterschiede von Verbrennungsmotor und Elektromotor an.
Bei einem Verbrennungsmotor wird ein Brennstoff verbrannt. Es entsteht mechanische Energie, Wärmeenergie und Abgas (mit Schadstoffen). Er besteht aus vielen beweglichen Teilen und ist sehr wartungsintensiv und er nimmt viel Platz ein.
Der Elektromotor ist sehr wartungsarm, hat eine hohe Lebensdauer und er ist deutlich kleiner als ein leistungsgleicher Verbrennungsmotor. Er emittiert keinerlei Schadstoffe im Betrieb.
- 3. Gib die Unterschiede zwischen Akku-Elektroauto und Brennstoffzellenauto an.
Der Elektromotor eines Fahrzeuges mit Akkumulatoren bezieht die elektrische Energie direkt aus den Akkumulatoren. Beim Wasserstofffahrzeug wird die elektrische Energie mit einer Brennstoffzelle erzeugt. Diese wandelt den Wasserstoff in elektrische Energie um, die dann den Elektromotor antreibt.
- ⊙ 4. Nenne Vor- und Nachteile der Elektroautos mit Akkumulatoren.
Vorteile: Das Elektroauto mit Akkumulatoren stößt im Betrieb keine Schadstoffe aus. Der Motor ist sehr leise und wartungsarm. Es gibt kaum Verschleißteile und die Lebenserwartung ist deutlich höher als bei einem Verbrennungsmotor.
Nachteile: Die Akkumulatoren müssen im Auto mitgeführt werden und erhöhen dadurch das Fahrzeuggewicht erheblich. Die Aufladung erfolgt bei modernen Fahrzeugen zwar mit einer sehr hohen Spannung (bis 800 V) und einer sehr hohen Leistung (bis 450.000 Watt), was zu einer kürzeren Ladezeit führt, aber immer noch länger dauert als das Betanken mit Wasserstoff oder Benzin.

Viele Elektroautos werden aber noch deutlich langsamer geladen. An einer Haushaltssteckdose sind Ladezeiten von über 20 Stunden möglich. In den heutigen Batterien befinden sich viele Rohstoffe, die sehr selten sind und die Herstellung ist recht energieaufwendig. Bei kalten Temperaturen sinkt die Reichweite der Fahrzeuge deutlich, da Batterien bei diesen Temperaturen deutlich weniger Leistung bringen.

- ⑤ 5. Stelle dem nun die Vor- und Nachteile eines Brennstoffzellenautos gegenüber.
Vorteile: Auch das Brennstoffzellenauto fährt komplett ohne Schadstoffausstoß. Der Elektromotor hat die gleichen Vorteile (langlebig, wartungsarm, geringer Platzbedarf). Jedoch wird die Brennstoffzelle aus weniger problematischen Rohstoffen aufgebaut (abgesehen von Platin).
Nachteile: Die Tanks für den Wasserstoff müssen sehr aufwendig konstruiert werden und brauchen Platz. Die Tankstellendichte für Wasserstoff ist noch sehr gering.

Dritte Lerngruppe: Wasserstoff und Heizungen

- 1. Führe auf, welche Brennstoffe in Deutschland hauptsächlich für Heizungen verwendet werden.
Erdöl und Erdgas
- ② 2. Erläutere den Vorteil, den eine Heizung hat, die reinen Wasserstoff verbrennt.
Bei der Verbrennung von Wasserstoff entsteht kein Kohlendioxid.
- 3. Erkläre die Funktionsweise einer Brennstoffzelle.
In einer Brennstoffzelle werden Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) über einen chemischen Prozess (kalte Verbrennung) verbunden. Dabei entstehen Wärme, elektrische Energie und Wasser (H₂O). Die Brennstoffzelle wandelt also Wasserstoff in elektrische Energie und Wärme um.
- 4. Entwirf ein Haus, welches völlig autark (unabhängig) den eigenen Strom und die eigene Wärme produzieren könnte.
Mit einer Photovoltaikanlage wird die Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt. Dieser deckt den Energiebedarf des Hauses. Überschüssiger Strom wird über Elektrolyse in Wasserstoff umgewandelt. Der Wasserstoff kann dann im Winter oder in der Nacht wieder über eine Brennstoffzelle in elektrische Energie und Wärmeenergie umgewandelt werden.
- ⑤ 5. Erläutere, warum die Umstellung auf Wasserstoffheizungen wohl noch lange Zeit in Anspruch nehmen wird.
Die Technik steht zwar schon zur Verfügung, aber noch ist sie sehr teuer. Außerdem macht es kaum Sinn, neue und funktionierende Heizungsanlagen abzureißen. Erst wenn sie an ihr Lebensende kommen, könnte ein wirtschaftlicher Austausch stattfinden. Außerdem wird das Erdgasleitungsnetz gebraucht, alle Heizungen mit Erdgas zu versorgen. Erst wenn der Anteil an Wasserstoffheizungen sehr hoch ist, könnte man statt Erdgas Wasserstoff durch die Leitungen schicken.

Vierte Lerngruppe: Vor- und Nachteile von Wasserstoff

- 1. Nenne zwei Vor- und zwei Nachteile für Wasserstoff als Energieträger.
Vorteile: Grüner Wasserstoff ist klimaneutral und verbrennt ohne Schadstoffe. Er ist in sehr großen Mengen im Wasser auf der Erde vorhanden und man kann ihn relativ gut speichern und transportieren.
Nachteile: Die Herstellung von Wasserstoff ist sehr energieaufwendig und noch sehr teuer. Wasserstoff ist hochflüchtig und dies stellt hohe Ansprüche an die Tanks, in denen Wasserstoff gelagert wird. Wasserstoff lässt sich leichter flüssig oder unter hohem Druck lagern, aber dabei muss zusätzliche Energie für die Verflüssigung eingesetzt werden.
- ② 2. Erkläre, in welchem Zusammenhang der Ausbau der regenerativen Energien und die Wasserstoffproduktion stehen.
Nur mit grünem Wasserstoff ist Wasserstoff klimaneutral. Und für die Herstellung von grünem Wasserstoff werden entsprechend große Mengen regenerativer Energien benötigt.
- ③ 3. Erläutere den Begriff „grüner Wasserstoff“.
Wasserstoff wird heutzutage hauptsächlich aus fossilen Quellen (Erdgas, Erdöl etc.) gewonnen. Dieser Wasserstoff ist daher nicht klimaneutral. Nur wenn der Herstellungsprozess über Energieformen läuft, die keine Schadstoffe emittieren wie Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft, Biomasse etc., ist der gesamte Prozess klimaneutral. Grüner Wasserstoff ist also mit regenerativen Energiequellen hergestellt worden.
- ④ 4. Gib eine eigene Einschätzung an, wie du zum Energieträger Wasserstoff stehst.
Individuelle Antworten

Ergänzende Informationen:

Wasserstoff ist zwar das häufigste Element im gesamten Universum, jedoch kommt es auf der Erde fast ausschließlich in gebundener Form vor, meist in Verbindung mit Sauerstoff als Wasser (H_2O). Daher wird eine Umstellung auf eine wasserstoffbasierte Energienutzung nur dann funktionieren, wenn durch technische und physikalische Verbesserungen der Gesamtwirkungsgrad bei der Energieumwandlung deutlich verbessert wird. Die Umwandlung von elektrischer Energie in Wasserstoff, um diesen dann wieder in elektrische Energie umzuwandeln, macht nur dann Sinn, wenn für diese Umwandlung überschüssige regenerative Energie genutzt wird. Eine direkte Nutzung der elektrischen Energie ist viel sinnvoller, allerdings nicht immer möglich.

Bei der Mobilität betrachtet man deshalb die gesamte Umwandlungskette (well to wheel), also von der Quelle bis zum Antrieb am Reifen. Hier zeigt sich, dass beim Wasserstoff sehr viel Energie durch die Umwandlung verloren geht. Bei einem Wasserstofffahrzeug kann man von einem Gesamtwirkungsgrad von etwa 0,3 ausgehen. Das heißt, etwa 70 Prozent der eingesetzten Energie geht verloren. Verglichen mit einem Verbrennungsmotor ist das zwar gut (Wirkungsgrad etwa 0,2, 80 Prozent Verlust), aber ein reines Elektroauto kommt auf einen Wirkungsgrad von 0,7, was einem Verlust von etwa 30 Prozent bedeutet. Dies ist aber die rein energetische Betrachtung und berücksichtigt nicht die vielen anderen Faktoren wie Umweltverträglichkeit bei der Herstellung, Rohstoffproblematik und Abbaubedingungen.

Die Umstellung von Heizungsanlagen von Erdgas auf Wasserstoff wird über verschiedene Wege angegangen. Die Hersteller verändern ihre Anlagen so, dass die Verbrenner nicht mehr nur reines Erdgas verbrennen können, sondern moderne Anlagen können bis zu 30 Prozent Wasserstoff im Erdgas mitverarbeiten. Dadurch senkt sich die Abgasbelastung leicht. Man könnte also dem Erdgasnetz Stück für Stück mehr Wasserstoff beimengen, damit sich der Schadstoffausstoß der Anlagen verringert. Erst wenn ausreichend Anlagen zur Verfügung stehen oder wenn Neubaugebiete mit einer separaten Wasserstoffleitung versorgt werden, wird sich Wasserstoff als Heizungs-brennstoff durchsetzen können. Aber auch das setzt voraus, dass der Wasserstoff mit regenerativen Energiequellen gewonnen wurde, also grüner Wasserstoff ist.

Bei den Heizungsanlagen, die mit einer Brennstoffzelle arbeiten, gibt es zurzeit auch noch Einschränkungen. Die in der Brennstoffzelle anfallende Wärmeenergie ist nicht besonders hoch, sodass eine solche Heizungsanlage nicht in der Lage ist, ein Haus mit einem hohen Wärmebedarf zu heizen. Ein schlecht isolierter Altbau kann also nicht mit einer modernen Brennstoffzellenheizung beheizt werden, bevor dort nicht weitgehende Sanierungen bezüglich der Wärmedämmung stattgefunden haben. Aus diesem Grund haben alle Brennstoffzellenheizungen heute noch zusätzlich einen konventionellen Teil, in dem durch Erdgas die Spitzenlast aufgefangen wird. Zusätzlich nutzen die aktuellen Anlagen keinen grünen Wasserstoff, sondern sie gewinnen ihren genutzten Wasserstoff aus dem Erdgasnetz. Dabei entstehen doch wieder Schadstoffe, die erst dann wegfallen, wenn die Brennstoffzellenheizung mit grünem Wasserstoff betrieben wird.

Im Film wird nur auf die Bedeutung von Wasserstoff im privaten Bereich eingegangen. Viele Dinge lassen sich aber auch auf die Industrie übertragen. Die energieintensiven Bereiche arbeiten ebenfalls schon an der sogenannten Decarbonisierung und in diesem Bereich lassen sich sehr große Mengen Schadstoff einsparen.

Übersicht über die Materialien

Ziffern:	1. Schwerpunkt	1.1 Problemstellung	1.1.1 Material
Abkürzungen	F = Filmclip	Sch = Schaubild	T = Text
	Z = Zeichnung	Tt = Texttafel	☞ = interaktiv
	D = Diagramm	A = Arbeitsblatt	

1. Energieträger			
Filmsequenz (4:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
1.1 Was sind Energieträger?			
1.1.1	Energie ist ...	Tt/T	DVD-ROM
1.1.2	Energie existiert in verschiedenen Formen	Tt	DVD-ROM
1.1.3	Energie bleibt erhalten	Sch/T	DVD-ROM
1.1.4	Von Energieträgern und Energiewandlern	Z/T	DVD-ROM
1.1.5	Energieträger im Überblick	Sch/T	DVD-ROM
1.1.6	Folgen der Verbrennung fossiler Energieträger	Sch/T	DVD-ROM
1.1.7	Erneuerbare Energien und ihre Möglichkeiten	Sch/T	DVD-ROM
1.1.8	Wo unser elektrischer Strom herkommt	D	DVD-ROM
1.1.9	Der Sekundärenergieträger Wasserstoff	Sch/T	DVD-ROM
1.1.10	Arbeitsblatt: Energieträger unter der Lupe	A/☞	DVD-ROM
1.1.11	Arbeitsblatt: Energieträger oder Energiewandler	A/☞	DVD-ROM

2. Wasserstoff in der Mobilität			
Filmsequenz (4:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
2.1 Welche Möglichkeiten bietet Wasserstoff als Antrieb?			
2.1.1	Filmclip: Wie ein Auto mit Brennstoffzelle funktioniert (2:00)	F	DVD-Video + ROM
2.1.2	Motoren - Antriebsarten mit und ohne Wasserstoff	Tt/T	DVD-ROM
2.1.3	Kraftwerk an Bord	Sch/T	DVD-ROM
2.1.4	Vor- und Nachteile der Auto-Brennstoffzellentechnik	Sch	DVD-ROM
2.1.5	Die Bedeutung von H ₂ -Pkws in Deutschland	D/T	DVD-ROM
2.1.6	An der Wasserstofftankstelle	Sch/T	DVD-ROM
2.1.7	Wo Wasserstoff als Treibstoff Zukunft hat	Sch/T	DVD-ROM
2.1.8	Arbeitsblatt: H ₂ -Mobilität - wer weiß Bescheid?	A/☞	DVD-ROM
2.1.9	Arbeitsblatt: Brennstoffzellenauto im Check	A/☞	DVD-ROM

3. Wasserstoff als Wärme- und Stromlieferant
Filmsequenz (2:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

3.1 Wie können wir zukünftig Wasserstoff zu Hause nutzen?

3.1.1	Welchen Anteil das „Wohnen“ am CO ₂ -Fußabdruck hat	D/T	DVD-ROM
3.1.2	Wie wir derzeit heizen	Sch	DVD-ROM
3.1.3	Wie man mit Wasserstoff heizen kann	Tt	DVD-ROM
3.1.4	Brennstoffzellenheizungen heute und morgen	Sch/T	DVD-ROM
3.1.5	Arbeitsblatt: Lückentexte zum Wasserstoffhaus	A	DVD-ROM
3.1.6	Arbeitsblatt: Wärme und elektrischer Strom im nachhaltigen Haus	A/☺	DVD-ROM

4. Der Wasserstoff

Filmsequenz (2:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

4.1 Was ist Wasserstoff und wie wird er erzeugt?

4.1.1	Filmclip: Herstellungsarten von Wasserstoff (2:30)	F	DVD-Video + ROM
4.1.2	Wasserstoff - Grundbaustein unserer Galaxie	Sch/T	DVD-ROM
4.1.3	Die Herstellung entscheidet - die „Wasserstofffarben“	Tt/T	DVD-ROM
4.1.4	Wie Wasserstoff derzeit hergestellt wird	D/T	DVD-ROM
4.1.5	Die Elektrolyse - Wasserstoff umweltfreundlich herstellen	Sch/T	DVD-ROM
4.1.6	In der Brennstoffzelle	Sch/T	DVD-ROM
4.1.7	Arbeitsblatt: Wasserstoff im Check	A	DVD-ROM
4.1.8	Arbeitsblatt: Der Wasserstoffkreislauf	A/☺	DVD-ROM

4.2 Welche Vorteile und welche Nachteile hat der Energieträger Wasserstoff?

4.2.1	Filmclip: Das Energietalent Wasserstoff (1:05)	F	DVD-Video + ROM
4.2.2	Wasserstoff und erneuerbare Energie - das Dreamteam	Sch/T	DVD-ROM
4.2.3	Das Problem mit dem Energieverlust	T	DVD-ROM
4.2.4	Wo Wasserstoff künftig sinnvoll eingesetzt werden kann	Sch	DVD-ROM
4.2.5	Arbeitsblatt: Plus- oder Minuspunkte der Wasserstofftechnik	A	DVD-ROM
4.2.6	Arbeitsblatt: Die „nationale Wasserstoffstrategie“	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 Materialien wie Filmclips, Texttafeln, Diagramme, Texte und Schaubilder.
- Zu allen Unterrichtsmaterialien werden **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 auf einem **Tablet** oder 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) 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 zum Thema „Energieträger Wasserstoff“ erfahren haben. Die Auswertung erfolgt nach dem Vorschlag auf den Seiten 9 und 10.

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: Was sind Energieträger?

- Schildere drei Situationen, in denen du Energie wahrnimmst.
- ⊙ Erkläre die Auswirkungen des Energieerhaltungssatzes auf unsere Energieversorgung.
- ⊙ Erläutere, was Energieträger und was Energiewandler sind.
- ⊙ Erkläre, wie die Nutzung fossiler Energieträger die Umwelt und das Klima schädigen.

Materialien ⇒ **1.1.1 - 1.1.6**

- Zeige auf, welche erneuerbaren „Energiequellen“ es gibt.
- ⊙ Analysiere, wie die dargestellten erneuerbaren Energien umgewandelt und genutzt werden können.
- Stelle dar, aus welchen Quellen wir im Jahr 2021 elektrische Energie bezogen haben.
- ⊙ Charakterisiere Wasserstoff als Energieträger.

Materialien ⇒ **1.1.7 - 1.1.9**

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: Welche Möglichkeiten bietet Wasserstoff als Antrieb beim Auto?

- ⊙ Stelle die unterschiedlichen Antriebsarten vor.
- ⊙ Erkläre, wie ein Wasserstoffauto mit Brennstoffzellentechnik funktioniert.
- Beschreibe die Vorgänge, die nötig sind, um Wasserstoff an der Tankstelle bereitzustellen.
- Berichte, bei welchen Fahrzeugen sich die Wasserstofftechnik schon bald durchsetzen könnte.

Materialien ⇒ **2.1.1 - 2.1.7**

2. Gruppe: Wie können wir zukünftig Wasserstoff zu Hause nutzen?

- ⊙ Charakterisiere die Bedeutung des Bereichs „Wohnen“ für unseren CO₂-Fußabdruck.
- ⊙ Erläutere, mit welchen verschiedenen Energieträgern wir derzeit heizen und wie hoch deren Anteile sind.

- ⊙ Vergleiche, wie Wasserstoffheizungen und Brennstoffzellenheizungen funktionieren.
- ⊙ Erkläre, wie Brennstoffzellenheizungen mit Dampfreformierung oder mit Elektrolyseur funktionieren.

Materialien ⇒ **3.1.1 - 3.1.4**

3. Gruppe: Was ist Wasserstoff und wie wird er erzeugt?

- ⊙ Erkläre die unterschiedlichen Herstellungsverfahren von Wasserstoff.
- ⊙ Charakterisiere das Element Wasserstoff und sein Vorkommen auf der Erde.
- Erörtere die Aussage: Wasserstoff ist nur so nachhaltig wie die Energiequelle für seine Herstellung.
- ⊙ Erläutere die Vorgänge der Elektrolyse.
- ⊙ Erkläre die Vorgänge in einer Brennstoffzelle.

Materialien ⇒ **4.1.1 - 4.1.6**

4. Gruppe: Welche Vorteile und welche Nachteile hat der Energieträger Wasserstoff?

- Gib wieder, was du über den Energieträger Wasserstoff erfährst.
- ⊙ Erkläre, wie das „Dreamteam“ (Energie aus erneuerbaren Quellen und Wasserstofftechnik) funktioniert.
- Beurteile die Brennstoffzellentechnik als umweltfreundliche Energiegewinnung der Zukunft.
- Zeige auf, wo Wasserstoff künftig sinnvoll eingesetzt werden kann.

Materialien ⇒ **4.2.1 - 4.2.4**

Ergebnissicherung: Zu allen Problemstellungen werden auf dem **DVD-ROM-Teil** Arbeitsblätter angeboten. Sie fördern die Schüleraktivität und geben den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit, ihren Lernfortschritt selbst zu überprüfen.

Arbeitsblätter ⇒ **1.1.10/1.1.11/2.1.8/2.1.9/3.1.5/3.1.6/4.1.7/4.1.8/4.2.5/4.2.6**



Alternativ können die Schülerinnen und Schüler die **interaktiven Arbeitsblätter** selbstständig erarbeiten ⇒ **1.1.10/1.1.11/2.1.8/2.1.9/3.1.6/4.1.8**

Gestaltung

Thomas Harms, Hamburg

Daniela Knapp, Hamburg

Gerhild Plaetschke, Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung (WBF), Hamburg

Schnitt: Virginia von Zahn, Hamburg

Kamera: Frank Hadamczik, Neumünster

**Gern senden wir Ihnen unseren aktuellen Katalog
WBF-Medien für den Unterricht**

Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Internet - www.wbf-medien.de

Alle Rechte vorbehalten: WBF • Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung • Gemeinnützige GmbH