



WBFB

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@wbfb-medien.de • www.wbfb-medien.de

Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

# Wie fährt das Auto der Zukunft?

Pro und Kontra der verschiedenen Antriebstechniken



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

## Adressatengruppen

Alle Schulen ab 5. Schuljahr,  
Jugend- und Erwachsenenbildung

## Unterrichtsfächer

Naturwissenschaften, Physik,  
Technik, Politik, Erdkunde

## Kurzbeschreibung des Films

Seit mehr als 100 Jahren werden Autos hauptsächlich mit Verbrennungsmotoren angetrieben. Aktuell erleben die alternativen Antriebstechnologien eine nie dagewesene Entwicklung. Der Film vergleicht Autos mit Verbrennungsmotoren und Elektromotoren, widmet sich der Zwischentechnologie der Hybridfahrzeuge und beleuchtet auch die Brennstoffzelle als mögliche Alternative zu großen Akkumulatoren (kurz Akkus). Bei dem Vergleich werden grundsätzliche Unterschiede zwischen Verbrennungsmotor und Elektromotor aufgezeigt und Vor- und Nachteile der verschiedenen Technologien erläutert. Die Problematiken bei der Herstellung von Akkus werden ebenso angesprochen wie die Schwierigkeiten der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge.

## Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Antriebstechnologie der heutigen Fahrzeuge im Umbruch ist und sich der Einsatz des Verbrennungsmotors in Fahrzeugen deutlich reduzieren wird. Sie lernen die Unterschiede der verschiedenen Antriebsformen kennen und werden in die Lage versetzt, Vor- und Nachteile der Technologien gegeneinander abzuwägen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten durch den Film die Möglichkeit der kritischen Auseinandersetzung mit dem Thema der individuellen Fortbewegung und können abschätzen, welche Auswirkungen der Umbruch im Fahrzeugbau auf das eigene Leben haben wird.

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

**Verleih in Österreich:** WBFB-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. 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, den Vorschlag für eine Unterrichtseinheit, Internet-Links zum Thema 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	3. Vergleich: Vor- und Nachteile der Antriebe	3.1 Welche Vor- und Nachteile haben die beiden Antriebsarten?	3.1.5 Elektroautos - die Zukunft des Straßenverkehrs?

**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. 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 **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 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 HTML5-Format vor und können an verschiedenen Endgeräten bearbeitet werden (z. B. Whiteboard, Tablets, Smartphones).

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 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

<p>Unterrichtsfilm:</p> <h1>Wie fährt das Auto der Zukunft?</h1> <p>Pro und Kontra der verschiedenen Antriebstechniken</p>	
<h2>1. Schwerpunkt</h2> <h3>Grundlagen: Verbrennungsmotor</h3>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Filmsequenz (2:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</li><li>• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)</li></ul>	
1.1	Was kennzeichnet den Verbrennungsmotor?
<h2>2. Schwerpunkt</h2> <h3>Grundlagen: Elektromotor</h3>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Filmsequenz (3:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</li><li>• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12/13)</li></ul>	
2.1	Was kennzeichnet den Elektromotor?
<h2>3. Schwerpunkt</h2> <h3>Vergleich: Vor- und Nachteile der Antriebe</h3>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Filmsequenz (4:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</li><li>• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</li></ul>	
3.1	Welche Vor- und Nachteile haben die beiden Antriebsarten?
<h2>4. Schwerpunkt</h2> <h3>Hybridantrieb und Brennstoffzelle</h3>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Filmsequenz (4:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</li><li>• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</li></ul>	
4.1	Was kennzeichnet den Hybridantrieb und den Antrieb mit Brennstoffzelle?

## Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher

- Der Elektromotor
- Magnetisches Kraftgesetz
- Elektromagnetismus
- Der Verbrennungsmotor
- Viertaktprinzip
- Der Hybridmotor
- Der Brennstoffzellenantrieb
- Vor- und Nachteile der Antriebstechnologien

### Inhalt des Films

Der Film zeigt Menschen, die an der Kamera vorbeigehen. Gehen als Fortbewegungsart ist allgegenwärtig, allerdings lassen sich damit größere Entfernungen nicht in kurzer Zeit zurücklegen. Als Nächstes wird ein Fahrradfahrer gezeigt - denn mit dem Rad können schon etwas größere Strecken zurückgelegt werden. Dann folgen Züge und Flugzeuge, die für ganz große Entfernungen genutzt werden können. Allerdings haben sie den Nachteil, dass sie meistens nicht direkt dorthin fahren bzw. fliegen, wo unser eigentliches Ziel ist.

Das Fortbewegungsmittel, das uns direkt von einem Ort zu einem anderen bringt, ist das Automobil. Der Film zeigt ein fahrendes Auto und der Kommentar erklärt, dass diese Art der Fortbewegung schon seit über 100 Jahren genutzt wird, meistens in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor.

Der Film erläutert anschließend den Aufbau und das Funktionsprinzip des Verbrennungsmotors. Man sieht den inneren Aufbau eines Motors, den Kolben und den Zylinder. Wenn der Kolben zurückfährt, so saugt er bei einem Vergasermotor ein Benzin-Luft-Gemisch in den Zylinder. Dieses ist der erste Takt eines Viertaktmotors und wird als „Ansaugen“ bezeichnet. Im zweiten Takt wird das Gemisch verdichtet und entzündet. Im dritten Takt drückt das verbrennende Gemisch den Kolben wieder nach unten, sodass er Arbeit verrichten kann. Im letzten Takt wird das verbrannte Gasgemisch aus dem Zylinder gedrückt und der Prozess beginnt von vorne. Der Film zeigt nun, dass ein Motor in einem Auto nicht nur aus einem Zylinder besteht, sondern dass immer mehrere Zylinder benutzt werden. Grundsätzlich muss jeder Verbrennungsmotor also die entstehenden Verbrennungsgase abgeben, was in den letzten Jahren mehr und mehr als Problem erkannt wird. Es wird die Frage aufgeworfen, wie das Problem des Schadstoffausstoßes gelöst werden kann.

Der Film zeigt ein fahrendes Elektroauto und der Kommentar erklärt, dass ein solches Elektroauto bei der Fahrt keinerlei Abgase ausstößt. Der Elektromotor könnte also eine mögliche Alternative zum Verbrennungsmotor sein. Daher zeigt der Film nun, welches Grundprinzip sich hinter einem Elektromotor verbirgt.

Als Erstes macht eine Animation deutlich, dass Magnete zwei Pole besitzen, an denen die magnetischen Kräfte besonders groß sind. Diese werden mit Nord- und Südpol bezeichnet. Dann wird gezeigt, dass sich ungleichnamige Pole anziehen und

gleichnamige Pole abstoßen. Als Zweites nutzt der Elektromotor folgende Eigenschaft: Ein Kupferdraht alleine besitzt zwar keine magnetischen Eigenschaften, er kann aber durchaus magnetisch werden, wenn ein elektrischer Strom durch ihn hindurchfließt. Dieses Magnetfeld ist jedoch sehr schwach. Wird der Draht zu einer Spule aufgewickelt, so verstärkt sich das Magnetfeld und ist vergleichbar mit dem Feld eines Permanentmagneten. Als Nächstes zeigt die Animation, dass sich das Magnetfeld einer Spule umkehrt, wenn der elektrische Strom entgegengesetzt durch die Spule fließt. Eine Spule kann also Nord- und Südpol vertauschen. Fließt kein Strom durch eine Spule, so besitzt sie auch kein Magnetfeld. Diese Eigenschaften verwendet man, um eine Drehbewegung zu erzeugen. Es werden mehrere Spulen aufgestellt und in der Mitte wird ein drehbarer Permanentmagnet platziert. Werden nun die Spulen so mit elektrischem Strom versorgt, dass anziehende und abstoßende Kräfte immer einer Kreisbewegung folgen, so bewegt sich auch der drehbare Magnet mit und es entsteht eine kontinuierliche Bewegung. Zwar ist ein Elektromotor in einem Auto deutlich komplizierter aufgebaut, aber auch er nutzt dieses Grundprinzip von anziehenden und abstoßenden magnetischen Kräften.

Aber welche Vor- und Nachteile haben die beiden Antriebsarten? Die Reichweite eines Autos mit Verbrennungsmotor ist sehr hoch; außerdem kann überall problemlos nachgetankt werden, denn das Tankstellennetz ist sehr gut ausgebaut. Beim Elektroauto ist das bislang nur eingeschränkt möglich. Die Reichweiten liegen insgesamt noch deutlich unter denen eines Verbrennungsmotors und das „Nachtanken“, also das Aufnehmen elektrischer Energie, ist langwieriger und nur an wenigen öffentlichen Punkten möglich. Auch beim Anschaffungspreis hat der Verbrennungsmotor noch Vorteile, da heutige Elektroautos durch den kostenintensiven Akkumulator teurer sind als vergleichbare Autos mit Verbrennungsmotor. Werden die Emissionen betrachtet, so spricht alles für das Elektroauto. Im Fahrbetrieb stößt ein Fahrzeug mit Elektromotor keinerlei Schadstoffe durch den Antrieb aus und fährt somit emissionsfrei. Hierbei muss allerdings beachtet werden, woher die elektrische Energie zum Aufladen stammt. Wird ein Elektroauto mit Energie aus einem Kohlekraftwerk geladen, so müssen die Emissionen des Kohlekraftwerks einbezogen werden. Bei elektrischer Energie aus Windkraftanlagen oder Solarzellen ist eine völlig emissionsfreie Ladung möglich, allerdings nur, wenn man die bei der Herstellung aufgewendete Energie und die dabei verwendeten Energiequellen außer Acht lässt.

Ein weiterer Nachteil der Fahrzeuge mit Elektromotor ist die Problematik rund um den Akkumulator. Dieser wird unter großem Energieaufwand und mit teuren und seltenen Rohstoffen hergestellt. Muss der Akku nach einer gewissen Zeit ausgetauscht werden, so muss er speziell entsorgt bzw. recycelt werden.

Zum Schluss beschäftigt sich der Film mit Übergangslösungen und weiteren Alternativen. Er zeigt ein Hybridfahrzeug und der Kommentar erläutert, dass ein Hybridfahrzeug einen Verbrennungsmotor mit einem Elektromotor kombiniert. Das hat den Vorteil eines emissionsfreien elektrischen Fahrens in der Stadt, kombiniert mit der hohen Reichweite und dem einfachen Nachtanken des Verbrennungsmotors bei Überlandfahrten. Eine mögliche Alternative zum elektrischen Fahren mit einem Akkumulator könnte die Brennstoffzelle werden. Eine Animation verdeutlicht die Funktionsweise der Brennstoffzelle und es werden die Vor- und Nachteile dieser Technologie herausgearbeitet. Die optimale Lösung für den Antrieb der Zukunft scheint es wohl nicht zu geben. Der Film endet mit der Vermutung, dass der Elektromotor der Antrieb der Zukunft sein wird - ob mit Akku, mit Brennstoffzelle oder einer anderen Energiequelle, ist jedoch noch nicht vorherzusehen.

## Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Spätestens seit dem „Dieselskandal“, den Problematiken von Feinstaub und den drohenden Fahrverboten für Fahrzeuge mit zu hohen Schadstoffwerten ist die Frage nach dem Antrieb der Zukunft allgegenwärtig. Der Unterrichtsfilm und die didaktischen Materialien auf der DVD sollen das nötige Hintergrundwissen vermitteln, damit sich die Schülerinnen und Schüler eine eigene Meinung zum Thema des Individualverkehrs bilden können.

<b>Thema der Unterrichtseinheit:</b>	<b>Wie fährt das Auto der Zukunft? Pro und Kontra der verschiedenen Antriebstechniken</b>
--------------------------------------	---

### Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- verstehen die Vorgänge im Inneren eines Verbrennungsmotors.
- begreifen das physikalische Prinzip, welches hinter dem Funktionsprinzip des Elektromotors steckt.
- erkennen die grundlegenden Unterschiede zwischen dem Verbrennungsmotor und dem Elektromotor.
- lernen die Hybridfahrzeuge mit Verbrennungsmotor und Elektromotor als Übergangslösung kennen.
- werden in die Lage versetzt, die Vor- und Nachteile der beiden Antriebsarten zu erkennen.
- erfassen die Notwendigkeit des Ausstieges vom Verbrennungsmotor.
- lernen als mögliche Alternative die Brennstoffzelle kennen.

### Einstieg

Ein sehr einprägsamer, jedoch etwas aufwendigerer Einstieg in das Thema könnte mit zwei ferngesteuerten Modellautos erfolgen. Wenn am Anfang der Stunde erst ein Fahrzeug mit Elektromotor durch den Naturwissenschaftsraum fährt und dann ein laut knatterndes und stinkendes Modellfahrzeug mit Verbrennungsmotor, dann ist der Einstieg spannend, das Interesse der Schülerinnen und Schüler geweckt und es sind einige der Probleme verdeutlicht. Spätestens wenn das Verbrennungsauto ein paar Minuten gefahren ist, werden die Schülerinnen und Schüler selbst bemerken, dass ein Modellauto mit Verbrennungsmotor sehr viel lauter und „stinkender“ fährt als das Modellauto mit Elektromotor. Nun kann das Thema der Unterrichtseinheit bekannt gegeben werden.

Eine zweite Möglichkeit des Einstieges wäre, sich drei Filmszenen anzuschauen. Die erste Szene zeigt einen Filmausschnitt aus den 60er bis 80er-Jahren, in der ein möglichst großer hubraumstarker Wagen zu sehen ist. Als zweite Szene ist ein aktueller Kleinwagen (z. B. ein Smart oder Ähnliches) zu sehen. Ein dritter Ausschnitt könnte aus einem Zukunftsfilm sein, in dem Autos schweben, fliegen oder Ähnliches. Der Einstieg könnte dann mit der Fragestellung eingeleitet werden, wie sich der Antrieb von Autos im Laufe der Zeit verändert hat und wie er sich in den nächsten Jahren noch weiter entwickeln könnte.

### **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: Der Verbrennungsmotor**

- 1. Nenne die vier Takte bei einem Viertaktmotor.
- 2. Nenne die beiden wichtigsten Bauteile eines Verbrennungsmotors:  
K..... und Z.....
- 3. Erkläre, warum ein Verbrennungsmotor ein aufwendiges Kühlsystem besitzt.
- 4. Erläutere, warum es in einem Verbrennungsmotor mehrere Zylinder gibt.
- 5. In den letzten Jahren haben die Autohersteller die Motoren kaum noch in der Leistung verbessert, sondern das Hauptaugenmerk lag auf welchen beiden anderen Schwerpunkten. Nenne sie.

#### **Zweite Lerngruppe: Der Elektromotor**

- 1. Wie werden die beiden Bereiche genannt, an denen der Magnetismus bei einem Magneten besonders stark ist? Nenne sie.
- 2. Nenne das magnetische Kraftgesetz: Gleichnamige Pole ...
- 3. Erkläre, warum kleine Magneten genutzt werden können, um das magnetische Feld anzuzeigen.
- 4. Berichte, was passiert, wenn ein elektrischer Strom durch einen Draht fließt.
- 5. Wie wird eine Drehbewegung mithilfe von Spulen und einem Permanentmagneten erreicht? Erläutere ausführlich.

#### **Dritte Lerngruppe: Vergleich der beiden Antriebsarten**

- 1. Nenne drei Vorteile eines Verbrennungsmotors gegenüber einem Elektromotor.
- 2. Berichte, welchen entscheidenden Vorteil ein Elektromotor gegenüber einem Verbrennungsmotor hat.
- 3. Die Behauptung „Jedes Elektroauto fährt emissionsfrei“ ist falsch, obwohl im Fahrbetrieb keine Emissionen ausgestoßen werden. Begründe.
- 4. Erkläre die Bedeutung einer „positiven Energiebilanz“, bezogen auf die Solarzelle oder die Windkraftanlage.
- 5. Nenne drei Nachteile eines großen Akkumulators als Energiequelle in einem Elektroauto.

### **Vierte Lerngruppe: Hybridantrieb, Brennstoffzelle**

- 1. Berichte, welche beiden Motorenarten in einem Hybridfahrzeug meistens kombiniert werden.
- 2. Beschreibe die Besonderheit eines Plug-in-Hybrids.
- 3. Gib an, welche beiden Stoffe in einer Brennstoffzelle benötigt werden.
- 4. Erkläre, welche „Abgase“ in einer Brennstoffzelle entstehen.
- 5. Zähle die Vorteile einer Brennstoffzelle gegenüber einem Akkumulator auf und erkläre ausführlich. Nenne auch eventuelle Nachteile.

**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 Unklarheiten beseitigt. Danach erfolgt eine gemeinsame Sammlung aller wichtigen Punkte, die dann als Hefteintrag angefertigt wird.

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: Der Verbrennungsmotor**

- 1. Nenne die vier Takte bei einem Viertaktmotor. *Ansaugen, Verdichten, Arbeiten, Ausstoßen*
- 2. Nenne die beiden wichtigsten Bauteile eines Verbrennungsmotors: K..... und Z.....  
*Kolben und Zylinder*
- 3. Erkläre, warum ein Verbrennungsmotor ein aufwendiges Kühlsystem besitzt. *Bei der Verbrennung entstehen sehr hohe Temperaturen, die die Kolben und die Zylinder stark erhitzen. Diese Wärme muss abgeführt werden, sonst würde der Motor durch Überhitzung zerstört werden.*
- 4. Erläutere, warum es in einem Verbrennungsmotor mehrere Zylinder gibt. *Beim Viertaktmotor wird nur beim Arbeitstakt Energie auf die Kurbelwelle übertragen. Damit eine kontinuierliche Kraftübertragung stattfinden kann, ist die Zylindersteuerung so aufgebaut, dass jeder Kolben zu einer unterschiedlichen Zeit im Arbeitstakt ist.*
- 5. In den letzten Jahren haben die Autohersteller die Motoren kaum noch in der Leistung verbessert, sondern das Hauptaugenmerk lag auf welchen beiden anderen Schwerpunkten? Nenne sie. *Der Schwerpunkt lag auf der Verringerung des Verbrauches und auf der Reduzierung des Schadstoffausstoßes.*

### **Zweite Lerngruppe: Der Elektromotor**

- 1. Wie werden die beiden Bereiche genannt, an denen der Magnetismus bei einem Magneten besonders stark ist? Nenne sie. *Magnetpole (Nord- und Südpol)*
- 2. Nenne das magnetische Kraftgesetz: Gleichnamige Pole ... *stoßen sich ab, ungleichnamige Pole ziehen sich an.*
- 3. Erkläre, warum kleine Magneten genutzt werden können, um das magnetische Feld anzuzeigen. *Magneten, die sich frei bewegen können, richten sich in einem Magnetfeld entlang der gedachten Feldlinien aus. Somit zeigen sie den Verlauf und die Richtung des Magnetfeldes.*
- 4. Berichte, was passiert, wenn ein elektrischer Strom durch einen Draht fließt. *Der Draht baut ein Magnetfeld auf. Die gedachten Feldlinien bilden konzentrische Kreise um den Leiter.*
- 5. Wie wird eine Drehbewegung mithilfe von Spulen und einem Permanentmagneten erreicht? Erläutere ausführlich. *Wenn der Strom durch die Spulen so gesteuert wird, dass immer eine Spule den Permanentmagnet anzieht und eine andere ihn abstößt, so entsteht eine Drehbewegung. Bei geeigneter Veränderung kann so auch die Drehgeschwindigkeit verändert werden.*

### Dritte Lerngruppe: Vergleich der beiden Antriebsarten

- 1. Nenne drei Vorteile eines Verbrennungsmotors gegenüber einem Elektromotor. *Das Fahrzeug mit Verbrennungsmotor hat eine höhere Reichweite, kann schneller aufgetankt werden, es gibt in allen Ländern flächendeckend geeignete Tankstellen und der Kaufpreis liegt zurzeit noch deutlich unter dem Preis eines vergleichbaren Elektrofahrzeugs.*
- 2. Berichte, welchen entscheidenden Vorteil ein Elektromotor gegenüber einem Verbrennungsmotor hat. *Der Elektromotor generiert im Betrieb keinerlei Schadstoffe und arbeitet zusätzlich noch fast ohne Geräuschentwicklung.*
- ⊙ 3. Die Behauptung „Jedes Elektroauto fährt emissionsfrei“ ist falsch, obwohl im Fahrbetrieb keine Emissionen ausgestoßen werden. Begründe. *Zwar werden bei der Fahrt keine Schadstoffe ausgestoßen, jedoch muss betrachtet werden, woher die elektrische Energie zum Betanken der Akkus stammt. Wenn die elektrische Energie aus Kohlekraftwerken stammt, so sind Emissionen angefallen, die wieder berücksichtigt werden müssen. Wenn regenerative Energiequellen zum Laden genutzt werden und der Herstellungsprozess außer Acht gelassen wird, dann fährt ein Elektrofahrzeug tatsächlich emissionsfrei.*
- 4. Erkläre die Bedeutung einer „positiven Energiebilanz“, bezogen auf die Solarzelle oder die Windkraftanlage. *Eine Solarzelle kann Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie umwandeln. Bei der Betrachtung der Emissionen und des Energieaufwandes muss aber berücksichtigt werden, dass für die Herstellung einer Solarzelle erhebliche Mengen an Energie aufgewendet werden müssen. Erst wenn die Solarzelle in den Bereich kommt, wo sie mehr Energie umgewandelt hat, als zur eigenen Herstellung benötigt wurde, spricht man von einer positiven Energiebilanz. Bei der Windkraftanlage gilt dieses genauso. Erst wenn die für die Herstellung und Aufstellung benötigte Energie eingefahren ist, kommt eine Windkraftanlage in den Bereich einer positiven Energiebilanz.*
- ⊙ 5. Nenne drei Nachteile eines großen Akkumulators als Energiequelle in einem Elektroauto. *Ein Akkumulator besitzt ein großes Eigengewicht, das er selbst mitbewegen muss. Bei der Herstellung werden seltene und teure Rohstoffe verwendet und am Ende der Lebensdauer muss ein Akku fachgerecht recycelt oder entsorgt werden. Zusätzlich gilt, dass ein Akku bei tiefen oder sehr hohen Temperaturen in der Leistungsabgabe stark eingeschränkt ist.*

### Vierte Lerngruppe: Hybridantrieb, Brennstoffzelle

- 1. Berichte, welche beiden Motorenarten in einem Hybridfahrzeug meistens kombiniert werden. *Verbrennungsmotor und Elektromotor.*
- 2. Beschreibe die Besonderheit eines Plug-in-Hybrids. *Bei einem Plug-in-Hybrid kann der Akkumulator im Fahrzeug sowohl über den Verbrennungsmotor als auch von außen über einen Stecker geladen werden.*
- 3. Gib an, welche beiden Stoffe in einer Brennstoffzelle benötigt werden. *In der Brennstoffzelle eines Fahrzeuges werden meistens Wasserstoff und Sauerstoff genutzt. Es gibt aber auch andere Stoffe, die eingesetzt werden können, je nach Verwendungszweck und finanziellem Aufwand.*
- ⊙ 4. Erkläre, welche „Abgase“ in einer Brennstoffzelle entstehen. *In der Brennstoffzelle entstehen gar keine Abgase. Bei dem Prozess entsteht letztendlich nur Wasser. Durch die Reaktionswärme wird das Wasser in Form von Wasserdampf abgegeben. Beim Brennstoffzellenauto wird also nur reiner Wasserdampf an die Umwelt abgegeben.*
- ⊙ 5. Zähle die Vorteile einer Brennstoffzelle gegenüber einem Akkumulator auf und erkläre ausführlich. Nenne auch eventuelle Nachteile. *Die Vorteile sind: geringeres Gewicht im Vergleich zu leistungsgleichen Akkumulatoren. Eine Brennstoffzelle muss nicht aufgeladen werden. Der Sauerstoff wird direkt aus der Umgebungsluft gewonnen. Der Wasserstoff kann in Tanks im Fahrzeug transportiert werden. Das Tanken des Wasserstoffs geht deutlich schneller als das Laden der Akkumulatoren. Je nach Größe der Tanks ist die Reichweite einer Brennstoffzelle größer als die vergleichbarer Akkumulatoren. Der Nachteil ist, dass es nur sehr wenige öffentliche Wasserstofftankstellen gibt und die „Herstellung“ von Wasserstoff heutzutage noch weitgehend über fossile Brennstoffe mit entsprechenden Emissionen stattfindet. Wenn Wasserstoff durch regenerative Energiequellen hergestellt wird, so ergibt sich eine emissionsfreie Energiequelle.*

## Ergänzende Informationen

Bei der Erklärung des Viertaktprinzips wird darauf verzichtet, auf den Unterschied zwischen Selbstzündler und Fremdzündler einzugehen, da es für die Takte unerheblich ist. Bei Bedarf kann auf den Unterschied von Diesel- und Benzinmotoren eingegangen werden. Auch kann dann besprochen werden, ob das Luft-Brennstoff-Gemisch im Kolben oder davor hergestellt wird. Ein moderner Dieselmotor spritzt am Ende des Verdichtungsstakts den Kraftstoff ein. Auch der moderne Benzinmotor arbeitet meistens mit einer Direkteinspritzung. Nur bei Vergasermotoren wird das Gemisch außerhalb des Kolbens erstellt und dann im Ansaugtakt in den Kolben geführt.

Das Funktionsprinzip eines Elektromotors wird nicht genau erklärt, da hier Kenntnisse von Induktion, Wechselspannung und weiteren physikalischen Eigenschaften vorausgesetzt werden müssten. Der Film beschränkt sich daher auf das Grundprinzip der magnetischen Wechselwirkung. In höheren Klassenstufen kann auf das Prinzip eines Synchron- oder Asynchronmotors eingegangen und die dahinterstehende Technik mit ihren Vor- und Nachteilen erklärt werden.

Bei den Hybridfahrzeugen unterscheidet man nach Größe und Aufgabenbereich des eingesetzten Elektromotors. Es gibt folgende Einteilung:

**Mikrohybrid:** Bei dieser Art des Hybridfahrzeuges wird das Fahrzeug nur vom Verbrennungsmotor angetrieben. Der Elektromotor wird nur bei der Start-Stop-Automatik und zur Rekuperation verwendet und ist somit sehr klein dimensioniert.

**Mildhybrid:** Hier ist der Elektromotor größer dimensioniert als beim Mikrohybrid, allerdings unterstützt er nur den Verbrennungsmotor und kann ebenso wie beim Mikrohybrid zur Rekuperation genutzt werden.

**Vollhybrid:** Bei dieser Bauart können beide Motoren (Verbrennungsmotor und Elektromotor) das Auto antreiben. Der Elektromotor hat ausreichend Leistung, das Fahrzeug eigenständig ohne Verbrennungsmotorunterstützung zu bewegen. Auch bei diesem Hybridtyp kann der Elektromotor zur Rekuperation genutzt werden. Zusätzlich kann der Verbrennungsmotor mithilfe des Elektromotors, der dann als Generator verwendet wird, die Akkumulatoren aufladen. Eine besondere Form des Vollhybriden ist der Plug-in-Hybrid, bei dem der Akku zusätzlich auch über eine externe Stromversorgung aufgeladen werden kann. Die meisten heute hergestellten Hybridfahrzeuge sind solche Plug-in-Hybride.

**Range Extender:** Eine Sonderform des Hybrids ist der Range Extender. Hier wird das Fahrzeug ausschließlich über einen Elektromotor angetrieben. Der kleine Verbrennungsmotor ist nicht mit dem Antrieb verbunden, kann aber den Akku des Elektromotors aufladen und erhöht somit, wie der Name schon sagt, die Reichweite eines akkubetriebenen Fahrzeuges deutlich.

Bei Fahrzeugen mit Brennstoffzelle übernimmt diese die Aufgabe des Range Extenders. Anders als beim Verbrennungsmotor arbeitet die Brennstoffzelle aber im Betrieb emissionsfrei und erhält den Vorteil des insgesamt emissionsfreien Fahrens mit Elektromotor. Dieser Vorteil geht verloren, wenn man einen Verbrennungsmotor als Range Extender verwendet.

## Übersicht über die Materialien

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

<b>1. Grundlagen: Verbrennungsmotor</b>		
<b>Filmsequenz (2:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b>		
<b>1.1 Was kennzeichnet den Verbrennungsmotor?</b>		
1.1.1	Filmclip: Der Motorwagen Nummer 1 (0:55)	F DVD-Video + ROM
1.1.2	Filmclip: Das Viertaktprinzip (1:10)	F DVD-Video + ROM
1.1.3	Das erste Automobil	Tt DVD-ROM
1.1.4	Motoren als Maschinen	Tt DVD-ROM
1.1.5	Wie ein Viertaktmotor mit Vergaser funktioniert	Sch/T DVD-ROM
1.1.6	Wie ein Dieselmotor funktioniert	Sch/T DVD-ROM
1.1.7	Autofahren schadet der Umwelt	Sch DVD-ROM
1.1.8	Emissionen von Diesel- und Ottomotor	D DVD-ROM
1.1.9	Was den Verbrennungsmotor umweltfreundlicher macht	Sch DVD-ROM
1.1.10	Arbeitsblatt: Funktionsweise des Viertaktmotors	A☞ DVD-ROM
1.1.11	Arbeitsblatt: Negative Auswirkungen des Autoverkehrs - ein Lückentext	A DVD-ROM

<b>2. Grundlagen: Elektromotor</b>		
<b>Filmsequenz (3:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b>		
<b>2.1 Was kennzeichnet den Elektromotor?</b>		
2.1.1	Grundlagen für den Elektromotor	Sch/T DVD-ROM
2.1.2	Funktionsweise eines Elektromotors	Sch/T DVD-ROM
2.1.3	Geschichte des Elektromotors	Tt DVD-ROM
2.1.4	Woher der Strom für ein Elektroauto kommt	D DVD-ROM
2.1.5	Expertenmeinung zur Ökobilanz des Elektroautos	Tt DVD-ROM
2.1.6	Vor- und Nachteile des Elektroautos	Tt DVD-ROM

2.1.7	Arbeitsblatt: Funktionsweise des Elektromotors	A	DVD-ROM
2.1.8	Arbeitsblatt: Über das Elektroauto - Sätze verbinden	A <sup>~</sup> <sub>☺</sub>	DVD-ROM

### 3. Vergleich: Vor- und Nachteile der Antriebe Filmsequenz (4:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

#### 3.1 Welche Vor- und Nachteile haben die beiden Antriebsarten?

3.1.1	Vor- und Nachteile von Verbrennungs- und Elektromotor	Tt	DVD-ROM
3.1.2	Der Wirkungsgrad	Tt	DVD-ROM
3.1.3	Die CO <sub>2</sub> -Bilanz der Verkehrsmittel	D	DVD-ROM
3.1.4	Anzahl der Pkws in Deutschland nach Treibstoffart	D	DVD-ROM
3.1.5	Elektroautos - die Zukunft des Straßenverkehrs?	T	DVD-ROM
3.1.6	Arbeitsblatt: Aussagen über beide Antriebe - richtig oder falsch?	A <sup>~</sup> <sub>☺</sub>	DVD-ROM
3.1.7	Arbeitsblatt: Merkmale der beiden Antriebe - eine Zuordnung	A	DVD-ROM

### 4. Hybridantrieb und Brennstoffzelle

#### Filmsequenz (4:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

#### 4.1 Was kennzeichnet den Hybridantrieb und den Antrieb mit Brennstoffzelle?

4.1.1	Filmclip: Wie ein Plug-in-Hybridfahrzeug funktioniert (2:35)	F	DVD-Video + ROM
4.1.2	Was ein Hybridantrieb ist	Tt	DVD-ROM
4.1.3	Verschiedene Arten von Hybridantrieben	Tt	DVD-ROM
4.1.4	Der Hybridantrieb im Schaubild	Sch	DVD-ROM
4.1.5	Wie eine Wasserstoffbrennstoffzelle Energie erzeugt	Sch/T	DVD-ROM
4.1.6	Wie Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb fahren	Sch/T	DVD-ROM
4.1.7	Vor- und Nachteile eines Brennstoffzellenfahrzeuges	Tt	DVD-ROM
4.1.8	Arbeitsblatt: Hybrid- und Brennstoffzellenantrieb - ein Quiz	A <sup>~</sup> <sub>☺</sub>	DVD-ROM
4.1.9	Arbeitsblatt: Wie fährt das Auto der Zukunft? - ein Ideenentwurf	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, Diagramme, 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 zum Thema „Wie fährt das Auto der Zukunft?“ 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: Grundlagen - Verbrennungsmotor**

- Berichte, was du über den Motorwagen Nummer 1 erfährst.
- Erkläre, wodurch sich das erste Automobil mit Verbrennungsmotor und ein heutiges Auto mit Verbrennungsmotor unterscheiden.
- Erkläre, was eine Wärmekraftmaschine tut.
- Erläutere das Viertaktprinzip.

**Materialien**      ⇒      **1.1.1 - 1.1.5**

- Erkläre den Unterschied zwischen einem Diesel- und einem Ottomotor.
- Erkläre, welche Schäden das Autofahren verursacht.
- Vergleiche die Emissionen von einem Otto- und einem Dieselmotor miteinander. Nenne deine Ergebnisse.
- Nenne die Techniken, die den Verbrennungsmotor umweltfreundlicher machen sollen.

**Materialien**      ⇒      **1.1.6 - 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: Grundlagen: Elektromotor**

- Beschreibe das Prinzip des Magnetismus.
- Erkläre, wie aus einem Eisenstück ein Elektromagnet gemacht werden kann.
- Erkläre, wie ein Elektromotor funktioniert.
- Erkläre die Probleme, die bei der Herstellung der Batterien entstehen.
- Nenne die Vor- und Nachteile des Elektroautos.

**Materialien**      ⇒      **2.1.1 - 2.1.6**

#### **2. Gruppe: Vergleich - Vor- und Nachteile der Antriebsarten**

- Nenne die Vor- und Nachteile von Verbrennungs- und Elektromotor.
- Erkläre, was der Wirkungsgrad aussagt.

- ⊙ Vergleiche die Wirkungsgrade der angeführten Antriebe miteinander
- ⊙ Werte das Diagramm „Anzahl der Pkws in Deutschland nach Treibstoffart“ aus.
- ⊙ Stelle Überlegungen an, wie die Probleme, die es rund um den Elektromotor noch gibt, in Zukunft gelöst werden können. Nenne deine Ergebnisse.

**Materialien** ⇒ **3.1.1 - 3.1.5**

### 3. Gruppe: Hybridantrieb und Brennstoffzelle

- Berichte, was einen Hybridantrieb auszeichnet.
- ⊙ Erläutere, wie ein Plug-in-Hybridfahrzeug funktioniert.
- ⊙ Erkläre die Unterschiede der einzelnen Hybridantriebe.
- ⊙ Erkläre, wie in der Wasserstoffbrennstoffzelle Strom erzeugt wird.
- ⊙ Vergleiche den Wasserstoffbrennstoffzellenantrieb mit dem eines Elektroautos mit Akkus.
- Nenne die Vor- und Nachteile eines Brennstoffzellenfahrzeugs.

**Materialien** ⇒ **4.1.1 - 4.1.7**

Alle oben aufgeführten Materialien für die Gruppenarbeit finden Sie - geordnet nach den drei Gruppen - bereits zusammengestellt im Dokument „**Vorschlag für eine Unterrichtseinheit**“ in der Infothek auf dem DVD-ROM-Teil.

**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 ⇒ **1.1.10/1.1.11/2.1.7/2.1.8/  
3.1.6/3.1.7/4.1.8/4.1.9**



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

### Gestaltung

Thomas Harms, Hamburg

Nele Malec, Hamburg

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

**Schnitt:** Virginia von Zahn, Hamburg

**Animation zum Magnetismus:** Thomas Harms, Hamburg

**Kamera:** Frank Hadamczik, Neumünster/Joachim Hinz, Aukrug

**Für die freundliche Unterstützung danken wir**

Volkswagen AG, Wolfsburg

BMW Group, München

Daimler AG, Stuttgart

ZF Friedrichshafen AG

Autohaus Süverkrüp, Neumünster, Herr Ventzke

**Gern senden wir Ihnen unseren aktuellen Katalog**

**WBF-Medien für den Unterricht**

**Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Internet - [www.wbf-medien.de](http://www.wbf-medien.de)**

Alle Rechte vorbehalten: WBF Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung Gemeinn. GmbH