



**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

**Unterrichtsblatt** zu der didaktischen DVD

# Die Wärmepumpe

## Funktionsprinzip und Hintergrundwissen



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

### **Adressatengruppen**

Alle Schulen ab 7. Schuljahr,  
Jugend- und Erwachsenenbildung

### **Unterrichtsfächer**

Naturwissenschaften, Physik, Technik,  
Gesellschaftslehre

### **Kurzbeschreibung des Films**

In Deutschland sollen Wärmepumpen helfen, den Ausstoß an klimaschädlichen Gasen zu verringern. Sie sollen die hierzulande vorherrschenden Heizsysteme mit Gas- oder Ölverbrennung ablösen. Der Film zeigt, wie eine Wärmepumpe aufgebaut ist, und verdeutlicht durch eine Animation, was im Inneren der Wärmepumpe passiert und wie mit der Umgebungswärme Heizenergie gewonnen wird. Er erklärt die drei wichtigsten Wärmepumpenarten (Luft-, Wasser- und Erdwärmepumpen) und welche Bedeutung der COP (coefficient of performance) und die JAZ (Jahresarbeitszahl) haben. Die Vorteile gegenüber herkömmlichen Heizsystemen werden ebenso angegeben wie die Nachteile der Heizenergiegewinnung durch Wärmepumpen.

### **Kompetenzen**

Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie in einer Wärmepumpe die Umgebungswärme genutzt wird, um ein Haus zu heizen. Sie verstehen die Zusammenhänge zwischen Gas- und Ölverbrennung und ausgestoßenen Treibhausgasen. Die Schülerinnen und Schüler können die Vorteile einer Beheizung durch eine Wärmepumpe gegen die Nachteile abwägen und beurteilen. Sie begreifen, dass die Herkunft des elektrischen Stromes, mit dem eine Wärmepumpe betrieben wird, eine wichtige Rolle für deren Klimaneutralität spielt. Sie erkennen, dass eine effiziente, mit regenerativen Energien betriebene Wärmepumpe einen guten Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

**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: 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.

Zu den Filmsequenzen und den zusätzlichen Filmclips werden auf der DVD Arbeitsaufträge angeboten. 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. Funktionsprinzip einer Wärmepumpe	2.1 Wie arbeitet eine Wärmepumpe?	2.1.3 Energie aus der Umwelt

**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 **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrkraft**.

## 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 - Lehrkraft** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schülerinnen und 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 - Lehrkraft** (mit Lösungen) und **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schülerinnen und 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

<b>Unterrichtsfilm:</b> <b>Die Wärmepumpe</b> <b>Funktionsprinzip und Hintergrundwissen</b>	
<b>1. Schwerpunkt</b> <b>Wärme - einige Grundlagen</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (2:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)</b></li></ul>	
1.1	Was ist Wärme, wie entsteht sie und wie wird sie übertragen?
<b>2. Schwerpunkt</b> <b>Funktionsprinzip einer Wärmepumpe</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (5:00 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12/13)</b></li></ul>	
2.1	Wie arbeitet eine Wärmepumpe?
<b>3. Schwerpunkt</b> <b>Die gebräuchlichsten Wärmepumpen</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (5:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</b></li></ul>	
3.1	Welche Arten von Wärmepumpen gibt es?
<b>4. Schwerpunkt</b> <b>Vor- und Nachteile von Wärmepumpen</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (3:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</b></li></ul>	
4.1	Was spricht für die Installation von Wärmepumpen, was dagegen?

## Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher

- Wärmelehre
- Wärmeversorgung in Deutschland
- Was sind Wärmepumpen?
- Aufbau und Funktionsprinzip einer Wärmepumpe
- Wärmepumpen - Vorteile und Nachteile
- Energiewende
- Klimaschutz

### Inhalt des Films

Der Film beginnt mit einem historischen Einstieg. Früher wurde die Wärme des Feuers genutzt, um in kalten Jahreszeiten nicht frieren zu müssen. Aus den offenen Feuerstellen entwickelten sich nach und nach Heizsysteme, die die Wärme bei der Verbrennung besser nutzen konnten. In den immer weiter verbesserten Öfen und Kaminen veränderte sich auch der Brennstoff. Auf Holz folgte Kohle, die dann wiederum durch Öl oder Gas ersetzt wurde. In der Gegenwart werden fast drei Viertel aller privaten Häuser mit Öl- oder Gasheizungen betrieben. Der Film verdeutlicht, dass bei der Verbrennung von Öl oder Gas jedoch viele Schadstoffe und klimaschädliche Gase entstehen, die eine Ursache für die Veränderung unseres Klimas sind. Der Deutsche Bundestag hat daher beschlossen, die Vorschriften für genutzte Heizungen zu ändern (Gebäudeenergiegesetz). Öl- und Gasheizungen werden auf Dauer verboten und sollen durch klimaneutrale Alternativen ersetzt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei zurzeit auf der Förderung von Wärmepumpen.

In einer umfangreichen Animation veranschaulicht der Film nun das Grundprinzip jeder Wärmepumpe. Durch die Wärme in der Umgebung verdampft ein Kältemittel. Dieser Kältemitteldampf wird verdichtet, erwärmt sich dadurch und gibt beim Kondensieren einen Teil der Wärme wieder ab. Diese Wärme wird im Heizkreislauf des Hauses genutzt, um das Haus zu heizen. Der Druck wird wieder reduziert und der Vorgang beginnt von vorn. So kann man mithilfe einer Wärmepumpe durch den Einsatz von elektrischer Energie einen Teil der Umgebungswärme in Heizwärme umwandeln.

Wie effizient das funktioniert, gibt der COP-Wert an. Hier wird durch eine Zahl verdeutlicht, wie viel Heizenergie beim Einsatz von einer Kilowattstunde elektrischer Energie entsteht. Ein COP-Wert von fünf bedeutet also, dass aus einer Kilowattstunde elektrischer Energie insgesamt fünf Kilowattstunden Wärmeenergie entstehen. Ein Schaubild veranschaulicht den Zusammenhang zusätzlich. Der COP-Wert ist aber ein reiner Laborwert und er verändert sich auch, wenn sich die Temperaturen ändern. Daher ist die Jahresarbeitszahl (JAZ) eine aussagekräftigere Angabe. Sie berücksichtigt alle am Umwandlungsprozess beteiligten Größen (elektrische Komponenten, Heizverhalten, Dämmung des Gebäudes). Die JAZ muss aber für jedes Haus einzeln über ein ganzes Jahr bestimmt werden. Aktuelle Jahresarbeitszahlen liegen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen bei drei oder darüber. Wasser-Wasser-Wärmepumpen erreichen sogar Werte bis zu fünf oder noch darüber.

Nun erläutert der Film die drei gebräuchlichsten Wärmepumpen etwas genauer.

Luft-Wasser-Wärmepumpen sind die zurzeit in Deutschland am häufigsten installierten Wärmepumpen. Das liegt hauptsächlich daran, dass sie in der Anschaffung am günstigsten sind, weil der Installationsaufwand im Verhältnis zu den anderen Wärmepumpen geringer ausfällt. Allerdings arbeiten die Luft-Wasser-Wärmepumpen nicht ganz so effizient wie die anderen beiden Wärmepumpenarten, da sich bei sehr niedrigen Außentemperaturen die COP-Werte deutlich verschlechtern. Auch der Lüfter, mit dem die Umgebungsluft angesaugt wird, stellt durch die dadurch entstehenden Geräusche einen Nachteil dar.

Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen die Energie im Grundwasser und haben dadurch den Vorteil, dass sie mit einer fast konstanten Temperatur arbeiten. Das Grundwasser besitzt im Sommer und im Winter weitgehend identische Temperaturen. Dadurch arbeiten Wasser-Wasser-Wärmepumpen durchgehend mit einer konstanten Leistung und erreichen somit einen besseren COP-Wert als eine Luft-Wasser-Wärmepumpe. Ein Nachteil dieser Wärmepumpenart ist der relativ hohe Aufwand bei der Installation, da Brunnenbohrungen vorgenommen werden müssen. Auch die Qualität des Grundwassers muss stimmen. In Deutschland ist zudem der Eingriff ins Grundwassersystem genehmigungspflichtig und kann durch die Behörde abgelehnt werden.

Die Erd-Wasser-Wärmepumpe arbeitet mit der Wärme im Erdboden. Hier kommen zwei verschiedene Verfahren zur Anwendung. Bei den Erdwärmekollektoren werden Schläuche ähnlich wie bei einer Fußbodenheizung in die Erde eingegraben. Der Boden hat ab einer gewissen Tiefe eine relativ konstante Temperatur, sodass, ähnlich wie eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe, die Erd-Wasser-Wärmepumpe über das ganze Jahr effizient arbeiten kann. Allerdings muss eine große Fläche mit den Schläuchen ausgelegt werden; das erfordert umfangreiche Erdarbeiten bei der Verlegung. Die zweite Möglichkeit, die Erdwärme zu nutzen, sind Erdwärmesonden. Diese werden sehr viel tiefer in den Boden gebohrt. Da sich die Temperatur des Bodens mit jedem Meter, den man tiefer bohrt, erhöht, hat der Boden in großer Tiefe eine deutlich höhere Temperatur als bei den Erdwärmekollektoren und es wird weniger Fläche benötigt. Je nach Bodenbeschaffenheit können aber auch die Tiefenbohrungen sehr aufwendig und teuer sein.

Am Ende des Films werden die Vor- und Nachteile der Wärmepumpen noch einmal zusammengefasst. Insgesamt arbeiten alle Wärmepumpen im normalen Betrieb ohne den Ausstoß von Treibhaus- oder Schadgasen. Allerdings werden ältere Wärmepumpen noch mit Kältemitteln betrieben, die bei der Freisetzung sehr klimaschädlich sind. Auch spielt es eine große Rolle, woher die elektrische Energie stammt, mit der die Wärmepumpen betrieben werden. Kommt der Strom aus Kohlekraftwerken, so ist auch eine Wärmepumpe kein sinnvoller Beitrag zur Klimaneutralität. Wenn ausschließlich regenerative Energie genutzt wird, ist die Klimabilanz einer Wärmepumpe jedoch sehr gut.

Der Film spricht auch Alternativen zu Wärmepumpen an. So emittieren Gasheizungen, die Wasserstoff verbrennen, ebenfalls keine Treibhausgase. Ebenso sind wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen, die neben der Heizenergie noch zusätzlich elektrische Energie bereitstellen, emissionsarm. Hierbei ist es allerdings notwendig, die Infrastruktur auf Wasserstoffnutzung umzustellen und ausreichend grünen Wasserstoff zu produzieren. Ob das in absehbarer Zeit möglich sein wird, ist heute kaum vorhersehbar.

## Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Mit dem umgangssprachlich „Heizungsgesetz“ genannten Gebäudeenergiegesetz hat die Politik in Deutschland eine klare Richtung vorgegeben, wie in Zukunft Gebäude geheizt werden sollen. Hierbei nimmt die Wärmepumpe eine herausragende Stellung ein. Die Schülerinnen und Schüler können diese Transformation nur dann einordnen, wenn sie grundsätzlich verstehen, wie eine Wärmepumpe funktioniert und welche Vorteile die Nutzung von Wärmepumpen im Vergleich zu herkömmlichen Gas- und Ölheizungen haben.

<b>Thema der Unterrichtseinheit:</b>	<b>Die Wärmepumpe Funktionsprinzip und Hintergrundwissen</b>
--------------------------------------	--

### Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- erkennen die Wichtigkeit der Wärmeversorgung von Gebäuden,
- verstehen, dass der Großteil der heutigen Gebäudewärmeenergie durch Öl- und Gasheizungen bereitgestellt wird,
- begreifen, dass bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern Schadstoffe und Klimagase entstehen,
- durchschauen das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe,
- erfassen die Vor- und Nachteile der einzelnen Wärmepumpenarten,
- machen sich bewusst, dass ein Umstieg auf die Wärmepumpen den Ausstoß von Klimagasen deutlich reduzieren könnte,
- können Alternativen zu Wärmepumpen nennen.

### Einstieg

Je nach Klassenstufe eignen sich verschiedene Einstiege für das Thema. In den unteren Klassenstufen kann das Vorwissen der Schülerinnen und Schülern mit einbezogen und die Frage gestellt werden, wie bei ihnen zu Hause geheizt wird. Einige Kinder können vielleicht die Gas- oder Ölheizung nennen, andere eventuell andere Heizungsarten. Die Lehrkraft greift die Nennungen auf und leitet in einem geführten Unterrichtsgespräch auf die Problematik der fossilen Energienutzung hin. Dann kann die Frage aufgeworfen werden, wie klimaneutraler geheizt werden könnte.

In höheren Klassenstufen kann ein elektrischer Tauchsieder oder Heizstab angeschlossen und die Frage in den Raum gestellt werden, ob es sinnvoll ist, mit elektrischer Energie den Raum zu heizen. Je nach Erfahrungsstand der Schülerinnen und Schüler kann im Unterrichtsgespräch erarbeitet werden, dass ein Heizen mit elektrischer Energie nicht effektiv ist. Nach dieser Erkenntnis kann die Frage aufgeworfen werden, warum die Politik Wärmepumpen priorisiert, obwohl diese ebenfalls mit elektrischer Energie heizen. Dieser Widerspruch schafft eine gewisse Neugier, die man nutzen kann, um den Schülerinnen und Schülern deutlich zu machen, warum eine Wärmepumpe sinnvoll sein kann, obwohl sie mit elektrischer Energie betrieben wird.

## **Vor der Filmvorführung**

Die Lehrkraft teilt die Schülerinnen und Schüler in vier Lerngruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten ein. Um die Beobachtungsgabe 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: Wärme - einige Grundlagen**

- 1. Gib an, welche Wärmeenergiequelle die Menschen ursprünglich nutzten.
- 2. Erkläre, wie sich die Heizungen im Laufe der Zeit veränderten.
- 3. Nenne den ungefähren Anteil der fossilen Heizungsanlagen im Jahr 2023.
- 4. Erläutere den größten Nachteil beim Heizen mit Öl oder Gas.
- 5. Gib an, warum die Politik den Betrieb von Öl- und Gasheizungen langfristig verbieten will und welche Alternative(n) genannt werden.

### **Zweite Lerngruppe: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe**

- 1. Nenne die vier Schritte zur Heizenergiegewinnung bei einer Wärmepumpe.
- 2. Erkläre, welche besondere Eigenschaft das Kältemittel in einer Wärmepumpe hat.
- 3. Erläutere, welche zwei physikalischen Abläufe dazu führen, dass viel Wärme in das Heizsystem des Hauses eingebracht werden kann.
- 4. Erkläre, was der COP-Wert bei einer Wärmepumpe angibt.
- 5. Gib an, wie sich die Jahresarbeitszahl (JAZ) vom COP-Wert unterscheidet.

### **Dritte Lerngruppe: Die gebräuchlichsten Wärmepumpen**

- 1. Nenne die drei gebräuchlichsten Wärmepumpenarten in Deutschland.
- 2. Stelle die Vor- und Nachteile aller drei Wärmepumpenarten gegenüber.
- 3. Erkläre, warum die Luft-Wasser-Wärmepumpe die am wenigsten effiziente Wärmepumpe ist.
- 4. Verteilt die drei Wärmepumpenarten auf drei verschiedene Schülerinnen oder Schüler. Diese überlegen sich Argumente, wie sie „ihre“ Wärmepumpe am besten darstellen können. Führt dann eine kurze Diskussion, in der jeder der drei Schülerinnen oder Schüler versucht, die anderen von der eigenen Wärmepumpe zu überzeugen. Nutzt Argumente und Gesprächsregeln.

### **Vierte Lerngruppe: Vor- und Nachteile von Wärmepumpen**

- 1. Erstelle eine Übersicht aller Vor- und Nachteile von Wärmepumpen im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen.
- 2. Erkläre den Zusammenhang zwischen der Klimabilanz einer Wärmepumpe und der genutzten elektrischen Energie zum Betrieb der Anlage.
- 3. Nenne zwei Alternativen zu den Wärmepumpen.
- 4. Gib an, welche Heizungsart am besten ist. Begründe die Auswahl ausführlich.



**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 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: Wärme - einige Grundlagen**

- 1. Gib an, welche Wärmeenergiequelle die Menschen ursprünglich nutzten.  
Über einen langen Zeitraum waren offene Feuerstellen und die Verbrennung von Holz die hauptsächlichsten Energiequellen für die Menschen.
- ⊙ 2. Erkläre, wie sich die Heizungen im Laufe der Zeit veränderten.  
Von offenen Feuerstellen ging es über Öfen und Kamine hin zu Kachelöfen. Die anfängliche Verfeuerung von Holz wurde durch Kohle, die einen höheren Brennwert besitzt, erweitert. Dann setzten sich die Brennstoffe Gas und Öl durch, die auch heute noch hauptsächlich in Verwendung sind.
- 3. Nenne den ungefähren Anteil der fossilen Heizungsanlagen im Jahr 2023.  
Etwa drei Viertel aller Heizungsanlagen wurden mit Öl oder Gas betrieben.
- ⊙ 4. Erläutere den größten Nachteil beim Heizen mit Öl oder Gas.  
Bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern werden größere Mengen Kohlenstoffdioxid, Feinstaub sowie in geringeren Mengen Stickoxide und Schwefeloxide freigesetzt.
- ⊙ 5. Gib an, warum die Politik den Betrieb von Öl- und Gasheizungen langfristig verbieten will und welche Alternative(n) genannt werden.  
Das bei der Verbrennung entstehende Kohlenstoffdioxid ist einer der Hauptgründe des Klimawandels. Durch den Umstieg auf klimaneutrale Wärmequellen soll der Treibhauseffekt langfristig reduziert werden. Die Pelletheizungen und die Wärmepumpen werden als mögliche Alternativen genannt.

### **Zweite Lerngruppe: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe**

- 1. Nenne die vier Schritte zur Heizenergiegewinnung bei einer Wärmepumpe.  
Verdampfen, Verdichten, Kondensieren, Entspannen
- ⊙ 2. Erkläre, welche besondere Eigenschaft das Kältemittel in einer Wärmepumpe hat.  
Das Kältemittel besitzt eine sehr niedrige Verdampfungstemperatur und geht schon bei tiefen Temperaturen in den gasförmigen Zustand über.
- 3. Erläutere, welche zwei physikalischen Abläufe dazu führen, dass viel Wärme in das Heizsystem des Hauses eingebracht werden kann.  
Wärme entsteht sowohl beim Komprimieren eines Gases als auch beim Kondensieren eines Gases. Bei beiden Prozessen wird Wärme abgegeben.
- ⊙ 4. Erkläre, was der COP-Wert bei einer Wärmepumpe angibt.  
Der COP-Wert (coefficient of performance) gibt an, wie viel Wärmeenergie aus einer Kilowattstunde elektrischer Energie gewonnen werden kann. Die restliche Energie wird aus der Umgebung (Luft, Wasser oder Erdreich) gewonnen.
- ⊙ 5. Gib an, wie sich die Jahresarbeitszahl (JAZ) vom COP-Wert unterscheidet.  
Der COP-Wert ist eine reine Laborgröße, in der ausschließlich die Energieumwandlung unter Laborbedingungen betrachtet wird. Die Jahresarbeitszahl betrachtet dagegen das gesamte Wärmeumwandlungssystem inklusive aller elektrischen Komponenten. Ein Jahr lang wird ge-

messen, wie viel elektrische Energie eingesetzt wurde und wie viel Wärmeenergie damit gewonnen werden konnte. In die JAZ fließen damit auch die Gebäudedämmung, das Heizverhalten und der elektrische Energiebedarf aller zur Anlage gehörenden Komponenten mit ein. Sie ist ein sehr genauer Wert, der aber für jedes Haus einzeln bestimmt werden muss.

### **Dritte Lerngruppe: Die gebräuchlichsten Wärmepumpen**

- 1. Nenne die drei gebräuchlichsten Wärmepumpenarten in Deutschland.  
Luft-Wasser-Wärmepumpe, Wasser-Wasser-Wärmepumpe und Erd-Wasser-Wärmepumpe (Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden).
- ⊙ 2. Stelle die Vor- und Nachteile aller drei Wärmepumpenarten gegenüber.  
Luft-Wasser-Wärmepumpe: Günstigste aller Wärmepumpen. Geringer Installationsaufwand. Bei tiefen Außentemperaturen weniger effizient. Geräuschentwicklung durch Lüfter.  
Wasser-Wasser-Wärmepumpe: Sehr effizient. Unabhängig von der Außentemperatur. Hoher Installationsaufwand (Brunnenbohrungen). Genehmigungspflichtig. Benötigt geeignete Grundwasserbedingungen.  
Erd-Wasser-Wärmepumpe: Sehr effizient. Unabhängig von der Außentemperatur. Hoher Installationsaufwand (Kollektorenverlegung, Tiefenbohrungen).
- ⊙ 3. Erkläre, warum die Luft-Wasser-Wärmepumpe die am wenigsten effiziente Wärmepumpe ist.  
Je niedriger die Außentemperatur ist, desto schlechter wird der COP-Wert der Anlage und desto mehr elektrische Energie wird für die Heizwärmegewinnung benötigt.
- 4. Verteile die drei Wärmepumpenarten auf drei verschiedene Schülerinnen oder Schüler. Diese überlegen sich Argumente, wie sie „ihre“ Wärmepumpe am besten darstellen können. Führt dann eine kurze Diskussion, in der jeder der drei Schülerinnen oder Schüler versucht, die anderen von der eigenen Wärmepumpe zu überzeugen. Nutzt Argumente und Gesprächsregeln.  
Individuelle Lösungen

### **Vierte Lerngruppe: Vor- und Nachteile von Wärmepumpen**

- ⊙ 1. Erstelle eine Übersicht aller Vor- und Nachteile von Wärmepumpen im Vergleich zu Öl- und Gasheizungen.  
Vorteile: Emissionsarm im Betrieb. Effiziente Nutzung der Umgebungsenergie (regenerativ), keine fossilen Brennstoffe benötigt. Keine Verbrennung zur Wärmegewinnung.  
Nachteile: Kältemittel in älteren Wärmepumpen sind problematisch, wenn sie in die Umwelt gelangen (Klimagase). Der Installationsaufwand ist bei Wasser-Wasser- und Erd-Wasser-Wärmepumpen ziemlich hoch und damit auch kostenintensiver als bei konventionellen Heizungsanlagen. Wenn die elektrische Energie für die Wärmepumpe nicht aus regenerativen Quellen stammt, verursacht der Betrieb der Wärmepumpe indirekt doch wieder Emissionen.
- 2. Erkläre den Zusammenhang zwischen der Klimabilanz einer Wärmepumpe und der genutzten elektrischen Energie zum Betrieb der Anlage.  
Wenn für den Betrieb der Anlage zum Beispiel elektrische Energie aus dem Kohlekraftwerk genutzt wird, so ist die Klimabilanz deutlich schlechter, als wenn die elektrische Energie aus regenerativen Quellen stammt und damit bei der Gewinnung der Energie keine Emissionen entstanden sind.
- ⊙ 3. Nenne zwei Alternativen zu den Wärmepumpen.  
Gasheizungen, die zu 100% Wasserstoff verbrennen, sind eine mögliche Alternative, da bei der Verbrennung von Wasserstoff keine Treibhausgase entstehen. Der Wasserstoff kann auch in eine Brennstoffzelle gegeben werden. Dann wird neben der Wärme auch elektrische Energie gewonnen. Da der Wasserstoff aber vorher mithilfe von elektrischer Energie gewonnen werden muss, ist der Gesamtwirkungsgrad im Vergleich zur Wärmepumpe deutlich schlechter. Auch wäre der Aufwand, ein Versorgungsnetz für reinen Wasserstoff zu bauen, extrem hoch. Folglich ist die Wärmepumpe den Alternativen energetisch betrachtet deutlich überlegen.
- ⊙ 4. Gib an, welche Heizungsart am besten ist. Begründe die Auswahl ausführlich.  
Individuelle Lösungen

## Ergänzende Informationen

Der COP-Wert wird im Unterrichtsfilm nur vereinfacht dargestellt. Eigentlich gibt es nicht nur einen COP-Wert für eine Wärmepumpe, sondern für jeden Temperaturfall (Quellentemperatur und Vorlauftemperatur der Heizung) gibt es einen individuellen Wert. Zur Übersichtlichkeit schreibt man vor den jeweiligen COP-Wert die beiden Temperaturen und den Wärmepumpentyp. Zum Beispiel bezeichnet  $A2/W35 = 3,2$  eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, die bei einer Außentemperatur von  $2\text{ °C}$  und einer Vorlauftemperatur der Heizung von  $35\text{ °C}$  aus einer Kilowattstunde elektrischer Energie 3,2 Kilowattstunden Heizenergie gewinnt. Die Abkürzungen sind A: Luft-Wasser-Wärmepumpe. B: Erd-Wasser-Wärmepumpe. W: Wasser-Wasser-Wärmepumpe. Die Ausgangstemperaturen sind häufig  $-7\text{ °C}$ ,  $2\text{ °C}$ ,  $7\text{ °C}$  und  $12\text{ °C}$ . Als Vorlauftemperaturen findet man häufig  $35\text{ °C}$ ,  $55\text{ °C}$ ,  $60\text{ °C}$  oder  $70\text{ °C}$ . Die Vorlauftemperatur von  $35\text{ °C}$  ist sinnvoll, weil sie in etwa dem Bedarf eines gut gedämmten Hauses mit Flächenheizungen entspricht. Die  $60\text{ °C}$  werden eher bei einem älteren Haus mit Heizkörpern benötigt. Da die Lufttemperatur in Deutschland im Laufe eines Jahres stark schwankt, ist die Angabe eines COP-Wertes nicht sehr sinnvoll. Man verwendet eher den SCOP-Wert (Saisonaler COP-Wert). Dieser berücksichtigt die Schwankungen im Laufe eines Jahres und gibt einen Mittelwert an.

Die im Film genannten Wärmepumpen haben alle als zweiten Begriff „Wasser“. Also Luft-**Wasser**-Wärmepumpe, Wasser-**Wasser**-Wärmepumpe und Erd-**Wasser**-Wärmepumpe. Dieser Begriff bezieht sich auf den Wärmetransport auf der Heizseite. In Deutschland werden hauptsächlich Heizungssysteme genutzt, die mit warmem Wasser funktionieren. In Ländern mit weniger tiefen Außentemperaturen oder bei Häusern mit sehr hohem Dämmwert kann die Heizenergie aber auch durch Luft übertragen werden. Dieses geschieht dann meist in Verbindung mit einer Lüftungsanlage. Hier kommen Luft-Luft-Wärmepumpen zum Einsatz, die mit Wärmerückgewinnung der verbrauchten Raumluft arbeiten.

Der in der Animation verwendete Verdichter entspricht einer Kolbenverdichtung und dient nur zur Veranschaulichung. Der Verdichter in einer Wärmepumpe ist heutzutage meist ein sogenannter Scrollverdichter. Hier gibt es keinen beweglichen Kolben, sondern zwei Spiralen. Eine Spirale ist fest, während die andere gegenläufig rotiert und dabei das Gas ansaugt, zusammenpresst und in der Mitte über einen Anschluss komprimiert wieder abgibt. Diese Bauart hat den Vorteil, dass sie geräuschloser arbeitet als ein Kolbenverdichter und weniger anfällig für flüssige Kältemittelreste ist.

Im Unterrichtsfilm wird auf den Unterschied der Begriffe „Wärme“ und „Temperatur“ nicht explizit eingegangen, da er sich vorwiegend an jüngere Schülerinnen und Schüler richtet und das Funktionsprinzip der Wärmepumpen im Vordergrund steht. In höheren Klassenstufen sollte aber thematisiert werden, dass die Temperatur eine Zustandsgröße, die Wärme jedoch eine Prozessgröße ist, und entsprechend sollte darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Begriff „Wärme“ umgangssprachlich sehr häufig ebenfalls die Temperatur meint. Eine Zustandsgröße ist ein Wert, der den Ist-Zustand beschreibt. „Der Stein hat eine Temperatur von  $20\text{ °C}$ “ beschreibt den Zustand des Steines bezüglich seiner inneren Energie (mittlere Teilchenbewegung). Eine Prozessgröße ist eine Veränderung. Wärme kann dem Stein zugefügt werden und dadurch ändert sich seine Temperatur. Für die Prozessgröße spielt der Weg, auf dem dieses geschieht, eine große Rolle. Für die Zustandsgröße nicht.

## Übersicht über die Materialien

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

<b>1. Wärme - einige Grundlagen</b> Filmsequenz (2:20 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
<b>1.1 Was ist Wärme, wie entsteht sie und wie wird sie übertragen?</b>			
1.1.1	Was ist Wärme?	Sch/T	DVD-ROM
1.1.2	Wärmequellen	Sch/T	DVD-ROM
1.1.3	Wärme und Temperatur	Sch/T	DVD-ROM
1.1.4	Wärmetransport	Sch/T	DVD-ROM
1.1.5	Wärmestrahlung (Radiation)	Sch/T	DVD-ROM
1.1.6	Wärmeströmung (Konvektion)	Sch/T	DVD-ROM
1.1.7	Wärmeleitung (Konduktion)	Sch/T	DVD-ROM
1.1.8	Arbeitsblatt: Wärme und Temperatur - ein Lückentext	A/☞	DVD-ROM
1.1.9	Arbeitsblatt: Verschiedene Energieträger - eine Bilderklärung	A/☞	DVD-ROM

<b>2. Funktionsprinzip einer Wärmepumpe</b> Filmsequenz (5:00 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
<b>2.1 Wie arbeitet eine Wärmepumpe?</b>			
2.1.1	Filmclip: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe - vereinfacht (0:35)	F	DVD-Video + ROM
2.1.2	Filmclip: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe - ausführlich (1:40)	F	DVD-Video + ROM
2.1.3	Energie aus der Umwelt	Z/T	DVD-ROM
2.1.4	Der Kältekreisprozess - Herzstück der Wärmepumpe	Sch/T	DVD-ROM
2.1.5	COP - die Leistungszahl bei Wärmepumpen	Sch/T	DVD-ROM
2.1.6	JAZ - die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe	D/T	DVD-ROM
2.1.7	Arbeitsblatt: Wie eine Wärmepumpe arbeitet - eine Zuordnung	A/☞	DVD-ROM

2.1.8	Arbeitsblatt: Umweltfreundlich heizen mit Wärmepumpen - eine Textauswertung	A	DVD-ROM
-------	---	---	---------

### 3. Die gebräuchlichsten Wärmepumpen

Filmsequenz (5:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

#### 3.1 Welche Arten von Wärmepumpen gibt es?

3.1.1	Filmclip: Die Luft-Wasser-Wärmepumpe bei verschiedenen Außentemperaturen (0:45)	F	DVD-Video + ROM
3.1.2	Die Luft-Wasser-Wärmepumpe	Sch/T	DVD-ROM
3.1.3	Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe	Sch/T	DVD-ROM
3.1.4	Die Erd-Wasser-Wärmepumpe mit Kollektoren	Sch/T	DVD-ROM
3.1.5	Die Erd-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden	Sch/T	DVD-ROM
3.1.6	Die Flusswärmepumpe	Sch/T	DVD-ROM
3.1.7	Arbeitsblatt: Wärmepumpen - richtig oder falsch?	A/☞	DVD-ROM
3.1.8	Arbeitsblatt: Die gebräuchlichsten Wärmepumpen - eine Beschreibung	A	DVD-ROM

### 4. Vor- und Nachteile von Wärmepumpen

Filmsequenz (3:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

#### 4.1 Was spricht für die Installation von Wärmepumpen, was dagegen?

4.1.1	Die Luft-Wasser-Wärmepumpe: effizient, aber ...	Sch/T	DVD-ROM
4.1.2	Die Wasser-Wasser-Wärmepumpe: hohe Effizienz, dennoch ...	Sch/T	DVD-ROM
4.1.3	Die Erd-Wasser-Wärmepumpe mit Kollektoren: hocheffizient, trotzdem ...	Sch/T	DVD-ROM
4.1.4	Die Erd-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden: umweltfreundlich, aber ...	Sch/T	DVD-ROM
4.1.5	Die Flusswärmepumpe: auf dem Weg zur Klimaneutralität	T	DVD-ROM
4.1.6	Arbeitsblatt: Vor- und Nachteile von Wärmepumpen - ein Lückentext	A/☞	DVD-ROM
4.1.7	Arbeitsblatt: Vor- und Nachteile von Wärmepumpen - eine Zuordnung	A/☞	DVD-ROM
4.1.8	Arbeitsblatt: Vor- und Nachteile von Wärmepumpen - eine Beschreibung	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, Zeichnungen, 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 „Wärmepumpe“ 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: Wärme - einige Grundlagen**

- Erkläre, was in der Physik unter Wärme verstanden wird.
- Unterscheide zwischen natürlichen und künstlichen Wärmequellen.
- Begründe, warum die Sonne die für uns wichtigste Energiequelle ist.
- Erkläre den Unterschied zwischen Temperatur und Wärme.
- Beschreibe, was Wärmeübertragung ist.

**Materialien**      ⇒      **1.1.1 - 1.1.4**

- Beschreibe, wie Wärmestrahlung vor sich geht.
- Du stehst an einem Lagerfeuer, das dich erwärmt. Begründe, ob es sich um Wärmeströmung, Wärmeleitung oder Wärmestrahlung handelt.
- Beschreibe den Konvektionsvorgang in einem beheizten Raum.
- Beschreibe den Vorgang der Wärmeleitung.
- Begründe, warum zur Wärmedämmung am besten Stoffe mit Gaseinschlüssen verwendet werden.

**Materialien**      ⇒      **1.1.5 - 1.1.7**

### **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: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe**

- Nenne die vier Schritte zur Heizenergiegewinnung bei einer Wärmepumpe.
- Erläutere, welche zwei physikalischen Abläufe dazu führen, dass viel Wärme in das Heizsystem des Hauses eingebracht werden kann.
- Erläutere die drei Energiequellen, die für Wärmepumpen genutzt werden.
- Beschreibe den Kältekreisprozess bei einer Wärmepumpe.

- Erläutere, wie der COP bei Wärmepumpen ermittelt wird und was er aussagt.
- ⊙ Erkläre den Unterschied zwischen JAZ und COP.

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

## **2. Gruppe: Die gebräuchlichsten Wärmepumpen**

- ⊙ Erläutere, warum tiefe Außentemperaturen für die Luft-Wasser-Wärmepumpe ein Problem darstellen.
- ⊙ Begründe, warum die Wasser-Wasser-Wärmepumpe nicht überall aufgestellt werden kann.
- Berichte, was du über die Erd-Wasser- Wärmepumpe mit Kollektoren und Erdwärmesonden erfährst.
- ⊙ Erkläre, wie die Flusswärmepumpe funktioniert.

**Materialien**    ⇒    **3.1.1 - 3.1.6**

## **3. Gruppe: Vor- und Nachteile von Wärmepumpen**

- ⊙ Erkläre, welche Vor- und Nachteile eine Luft-Wasser-Wärmepumpe hat.
- ⊙ Erkläre, welche Vor- und Nachteile eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe hat.
- ⊙ Erkläre, welche Vor- und Nachteile eine Erd-Wasser-Wärmepumpe mit Kollektoren und mit Erdsonden hat.
- ⊙ Erkläre, welche Vor- und Nachteile eine Flusswärmepumpe hat.

**Materialien**    ⇒    **4.1.1 - 4.1.5**

**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                    ⇒                    **1.1.8/1.1.9/2.1.7/2.1.8/3.1.7/3.1.8/4.1.6/4.1.7/4.1.8**



Alternativ können die Schülerinnen und Schüler die **interaktiven Arbeitsblätter** selbstständig erarbeiten ⇒ **1.1.8/1.1.9/2.1.7/3.1.7/4.1.6/4.1.7**

### **Gestaltung**

Thomas Harms, Hamburg

Peter Fischer, Oelixdorf

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

**Schnitt:** Virginia von Zahn/Johannes Retter, Hamburg

**Kamera:** Joachim Hinz, Aukrug

**Animationen:** Holger Korn, Neumünster/Elisabeth Backer Dirks, Hamburg

**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 • Gemeinnützige GmbH