



**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

# Atomkraft - ein Auslaufmodell?

## Physikalische und gesellschaftliche Hintergründe



**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 Kernenergie ist in Deutschland wohl die umstrittenste Art der Energieversorgung. Spätestens nach den Reaktorunfällen in Tschernobyl und Fukushima schienen Atomkraftwerke nicht mehr tragbar zu sein und der beschlossene Atomausstieg im Jahre 2011 läutete das Ende der Kernenergie in Deutschland ein. Nach einem historischen Einstieg verdeutlicht der Film die unterschiedliche weltweite Nutzung der Kernenergie. Im physikalischen Teil wird gezeigt, wie ein Reaktor aufgebaut ist und was in seinem Inneren passiert. Die Vor- und Nachteile der Energiegewinnung durch Kernspaltung werden herausgearbeitet. Am Ende wird eine andere Möglichkeit der Kernenergienutzung kurz vorgestellt: die Kernfusion als Zukunftstechnologie.

### **Kompetenzen**

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass es auf der Welt keinen einheitlichen Umgang mit der Kernenergie gibt. Sie können den beschlossenen Atomausstieg in Deutschland mit den Atomunfällen in Tschernobyl und Fukushima in Verbindung bringen. Sie verstehen den Aufbau und die Funktionsweise eines Kernkraftwerkes und vertiefen die Vor- und Nachteile dieser Energiegewinnung. Sie werden in die Lage versetzt, sich ein eigenes Bild dieser umstrittenen Technologie zu machen. Sie entdecken die Kernfusion als mögliche zukünftige Alternative im Bereich der Atomenergie.

**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 ausgewählt 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. Im Kernkraftwerk | 2.1 Wie wird in einem Kernkraftwerk Strom produziert? | 2.1.5 Kettenreaktionen der Kernspaltung |

**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 - 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

|   |   |
|---|---|
| <b>Unterrichtsfilm:</b><br><b>Atomkraft - ein Auslaufmodell?</b><br><b>Physikalische und gesellschaftliche Hintergründe</b>   |   |
| <b>1. Schwerpunkt</b><br><b>Die Nutzung der Kernenergie - Deutschland und die Welt</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (4:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)</b></li></ul>    |   |
| 1.1   | Warum ist Deutschland ein Sonderfall?                   |
| <b>2. Schwerpunkt</b><br><b>Im Kernkraftwerk</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (3:05 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12/13)</b></li></ul> |   |
| 2.1   | Wie wird in einem Kernkraftwerk Strom produziert?       |
| <b>3. Schwerpunkt</b><br><b>Was für und was gegen Kernenergie spricht</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (3:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</b></li></ul>    |   |
| 3.1   | Warum ist Deutschland aus der Atomenergie ausgestiegen? |
| <b>4. Schwerpunkt</b><br><b>Die Kernfusion</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Filmsequenz (3:25 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</b></li><li>• <b>Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)</b></li></ul>    |   |
| 4.1   | Welche Chancen bietet die Kernfusion?                   |

## **Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher**

- Die Energieversorgung in Deutschland
- Versorgung und Entsorgung
- Kernenergie in Deutschland
- Kernenergienutzung im globalen Vergleich
- Funktionsweise eines Kernkraftwerkes
- Vor- und Nachteile der Kernenergienutzung
- Einführung in die Atom- und Kernphysik
- Ausblick: Kernfusion als mögliche Alternative zur Kernspaltung

## **Inhalt des Films**

Der Film beginnt mit einer historischen Übersicht. Im Jahr 1961 ging das erste Atomkraftwerk in Deutschland ans Netz. In den 70er- und 80er-Jahren wurde ein Großteil der deutschen Atomkraftwerke in Betrieb genommen. Allerdings gab es nach dem Atomunglück in Tschernobyl im Jahre 1986 einen deutlichen Anstieg der Vorbehalte gegen die Kernkraft, sodass seit 1990 kein weiteres Kernkraftwerk mehr neu gebaut wurde. Im Jahr 2000 wurde der Atomausstieg beschlossen, allerdings mit weitreichenden Restlaufzeiten für die existierenden Kraftwerke. Nach dem Atomunglück in Fukushima im Jahre 2011 wurden die älteren Kernkraftwerke abgeschaltet und den verbliebenen wurde maximal eine Restlaufzeit bis zum Jahr 2022 eingeräumt. Durch die Energiekrise während des Ukrainekrieges im Jahr 2022 wurde den letzten drei verbliebenen Kraftwerken eine Laufzeitverlängerung von 3,5 Monaten gewährt, sodass es seit Mitte April 2023 keine kommerzielle Kernenergienutzung mehr in Deutschland gibt. Der Film zeigt dann, wie andere Länder auf der Welt mit Kernenergie umgehen. Nur etwas mehr als 30 Länder betreiben überhaupt kommerziell genutzte Kernkraftwerke, jedoch befinden sich unter diesen fast alle großen und bevölkerungsreichen Länder. Im Vergleich zeigt sich, dass etwa 10 Prozent der weltweiten Stromproduktion durch Kernenergie abgedeckt wird. Allerdings ist die Spannweite hier sehr groß. Während viele Länder gar keine Kernkraft nutzen, werden in Frankreich weit über 60 Prozent der elektrischen Energie durch Kernenergie erzeugt.

Im folgenden Teil des Films wird mithilfe einer Animation das Grundprinzip der Erzeugung der elektrischen Energie in einem Kernkraftwerk erläutert. Am Beispiel eines Druckwasserreaktors wird verdeutlicht, dass ein Kernkraftwerk wie jedes Wärmekraftwerk arbeitet. Es wird heißer Wasserdampf erzeugt, der durch eine Turbine geleitet wird. Die Turbine treibt einen Generator an, der dann die elektrische Energie bereitstellt. Die Wärme entsteht, wenn Atomkerne unter bestimmten Umständen gespalten werden. Dabei entsteht mehr Energie, als für die Spaltung aufgewendet wurde. Zusätzlich wird eine Kettenreaktion ausgelöst, da bei der Spaltung Teilchen (Neutronen) freigesetzt werden, die wieder neue Atome spalten können. Durch „Neutronenfänger“, also Stoffe, die Neutronen absorbieren können, kann der Prozess gesteuert werden. Daher heißen die Stäbe, in denen sich die Neutronenfänger befinden, Steuerstäbe.

Werden die Steuerstäbe herausgefahren, finden mehr Kernspaltungen statt und die Energiemenge steigt. Fährt man die Steuerstäbe weiter in den Reaktor hinein, werden mehr Neutronen absorbiert und die Energiemenge sinkt bis hin zur Abschaltung des Reaktors.

Im Druckwasserreaktor gibt es drei Wasserkreisläufe. Das Wasser im Reaktor befindet sich unter hohem Druck, sodass es auch bei hohen Temperaturen nicht verdampft. Dieses Wasser wird zu einem Wärmetauscher geführt. Im Wärmetauscher wird die Wärmeenergie an den zweiten Wasserkreislauf abgegeben. Da dieses Wasser unter normalem Druck steht, verdampft es und der entstehende Wasserdampf wird zur Turbine geleitet. Der Wasserdampf bringt die Turbine in eine Drehbewegung, die an den angeschlossenen Generator übertragen wird. Im Generator wird aus der Drehbewegung elektrische Energie, die aus dem Kraftwerk ins Stromnetz eingespeist wird. Aus Kernenergie ist elektrische Energie geworden.

Die Vorteile eines Kernkraftwerkes liegen auf der Hand. Im Betrieb werden keine Luftschadstoffe an die Umwelt abgegeben. Außerdem kann es 24 Stunden am Tag elektrische Energie bereitstellen und ist somit unabhängig von Sonne, Wind und Wetter. Allerdings entstehen bei der Kernspaltung radioaktive Trümmerkerne, die in den Brennstäben verbleiben. Radioaktivität kann aber nicht beseitigt werden, sondern man muss warten, bis die Stoffe von selbst zerfallen sind. Bei einigen der entstehenden Stoffe dauert dies mehrere Hunderttausend Jahre. Die radioaktiven „Abfälle“ müssen also für eine unvorstellbar lange Zeit sicher verwahrt werden. Zusätzlich besteht die Gefahr, dass ein Unfall in einem Kernkraftwerk dazu führt, dass radioaktives Material in die Umwelt gelangt. Zwar sind die aktuellen Reaktoren sehr sicher gebaut und ein Austritt radioaktiver Stoffe extrem unwahrscheinlich, dennoch kann es nicht zu 100 Prozent ausgeschlossen werden. Durch die Problematik der Einlagerung der radioaktiven Abfälle ist heute auch noch nicht abschätzbar, wie teuer der Atomstrom letztendlich durch die Folgekosten werden wird. Deutschland hat sich daher entschieden, keinerlei Kernenergie mehr im eigenen Land zu nutzen.

Kernenergie ist jedoch nicht gleich Kernenergie. Während die Energiegewinnung durch Kernspaltung mit den oben angeführten Problemen belastet ist, gibt es noch eine weitere Möglichkeit, Energie aus den Kräften im Inneren der Atome zu bekommen, die Kernfusion. Unsere Sonne macht es vor: Sie fusioniert Atomkerne miteinander, das heißt die Atomkerne werden nicht gespalten, sondern zusammengebracht. Bei geeigneten Stoffen und Randbedingungen wird auch bei der Fusionierung von Atomen mehr Energie freigesetzt als aufgewendet wurde. Daher versuchen Wissenschaftler seit vielen Jahren, auf der Erde Kernfusion zu betreiben. Der Film zeigt das grundsätzliche Prinzip der Kernfusion und verdeutlicht die Vorteile. Wasserstoff ist auf der Erde in ausreichender Menge vorhanden. Bei der Kernfusion entstehen zwar auch radioaktive Stoffe, diese haben aber eine deutlich kürzere Halbwertszeit und müssen nicht in einem Endlager aufbewahrt werden. Ein Unfall in einem Fusionsreaktor führt automatisch zu seiner „Abschaltung“, da die Kernfusion nur unter extrem kontrollierten Bedingungen aufrechterhalten werden kann.

Allerdings ist heute noch nicht abschätzbar, ob es jemals gelingen wird, einen Reaktor zu bauen, der konstant und wirtschaftlich elektrische Energie bereitstellen kann und somit ist ein Fusionsreaktor ein Blick in eine noch entfernte Zukunft. Es macht aber deutlich, dass die Bindungsenergie in den Atomen der Schlüssel zu einer emissionsarmen Energieversorgung der Weltbevölkerung sein könnte.

## Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Der Ausstieg der Bundesrepublik Deutschland aus der Kernenergie ist ein nicht unumstrittener politischer Schritt. Gerade im Umfeld der „Klimakrise“ und der Reduzierung der Treibhausgase wählt Deutschland einen Weg, der im Großteil der restlichen Welt eher ein Alleingang ist. Die meisten Industrienationen mit Kernkraftwerken halten an der Kernkraft fest oder bauen sie sogar aus. Der Film schafft das Grundwissen, damit die Schülerinnen und Schüler die Diskussion darüber besser verstehen können.

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>Thema der Unterrichtseinheit:</b> | <b>Atomkraft - ein Auslaufmodell?</b><br>Physikalische und gesellschaftliche Hintergründe |
|--------------------------------------|---|

### Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- erhalten das historische Hintergrundwissen zu dem Bau und den Restlaufzeiten von Kernkraftwerken in Deutschland,
- erkennen die unterschiedliche Nutzung von Kernkraft weltweit,
- erfassen das Kernkraftwerk als Wärmekraftwerk,
- verstehen den Ablauf im Inneren eines Kernkraftwerkes,
- lernen die Vor- und Nachteile eines Kernkraftwerkes kennen,
- erkennen die Möglichkeit der Energieerzeugung durch Kernfusion.

### Einstieg

Je nach Klassenstufe gibt es unterschiedliches Vorwissen zum Thema. In jüngeren Klassenstufen wäre ein Einstieg über unsere grundsätzliche Energieversorgung in Deutschland möglich. So kann der Lehrer/die Lehrerin einfach ein möglichst interessantes elektrisches Gerät (Fanfare, Blitzlicht, große Bohrmaschine etc.) am Stundenanfang mitbringen. Beim Anschalten wird eine große Aufmerksamkeit erzeugt und die Frage gestellt, woher die Energie kommt, die das Gerät antreibt. Nun kann man mit den Schülerinnen und Schülern klären, woher der „Strom aus der Steckdose“ kommt und gemeinsam mit ihnen erarbeiten, welche Arten von Kraftwerken es gibt. Dann lenkt man die Aufmerksamkeit auf die Atomkraftwerke und beginnt den Film.

In höheren Klassen gibt es häufig schon gewisse Vorkenntnisse zum Thema. Hier könnte man mit einem Brainstorming beginnen, den Begriff „Atomkraftwerk“ in die Mitte der Tafel schreiben und dann sammeln, welche Kenntnisse die Schülerinnen und Schüler mitbringen. Danach können die Begriffe strukturiert werden und den Oberbegriffen „Technischer Aufbau“, „Politischer/Gesellschaftlicher Hintergrund“ und „Vor- und Nachteile“ zugeordnet werden.

Alternativ fragt man die Klasse zu Beginn, wer für die Atomkraft ist und wer dagegen. Dann teilt man die Klasse in Pro und Kontra auf und lässt innerhalb einiger Minuten Argumente entwickeln. Danach startet die Diskussion und moderierend durch die Lehrkraft werden die Vor- und Nachteile der Kernkraft herausgearbeitet. Dann wird der Film gezeigt und im Anschluss kann die Diskussion, erweitert durch die Informationen aus dem Film, fortgesetzt und vertieft werden.

## **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: Historische Informationen und Weltvergleich**

- 1. Gib an, seit wann in Deutschland Kernenergie genutzt wurde.
- 2. Nenne die Anzahl an Kernkraftwerken, die es insgesamt in Deutschland gab.
- 3. Erkläre, was 1986 zum Umdenken in der Bevölkerung führte.
- 4. Erläutere, warum im Jahr 2011 viele Kernkraftwerke abgeschaltet wurden.
- 5. Erkläre, was mit den restlichen Kernkraftwerken, die weiterbetrieben wurden, passierte.
- 6. Erläutere die Situation der Kernenergie weltweit.

### **Zweite Lerngruppe: Funktionsprinzip eines Druckwasserreaktors**

- 1. Nenne das Bauteil in einem Wärmekraftwerk, welches die elektrische Energie liefert.
- 2. Erkläre, woher die Drehbewegung kommt, mit der der Generator angetrieben wird.
- 3. Erkläre den Vorgang im Kernreaktor, bei dem sehr viel Wärme entsteht.
- 4. Erläutere, wie die Leistung eines Kernkraftwerkes gesteuert wird.

### **Dritte Lerngruppe: Vor- und Nachteile der Kernenergie**

- 1. Nenne die Vorteile eines Kernkraftwerkes.
- 2. Nenne die Nachteile eines Kernkraftwerkes.
- 3. Erkläre, warum der „Dampf“ aus den Kühltürmen eines Kernkraftwerkes kein wirklicher Nachteil ist.
- 4. Erläutere, warum man den radioaktiven Abfall nicht einfach verbrennen kann.

### **Vierte Lerngruppe: Der Fusionsreaktor**

- 1. Erläutere den Unterschied zwischen Kernspaltung und Kernfusion.
- 2. Erkläre die Vorteile des Fusionsreaktors im Vergleich zum Spaltungsreaktor.
- 3. Gib an, wo Kernfusion außerhalb der Erde stattfindet.
- 4. Begründe, warum der radioaktive Abfall eines Fusionsreaktors „besser“ ist als der radioaktive Abfall aus Kernspaltungsreaktoren.



**Nach der Filmvorführung** bearbeiten die Schülerinnen und Schüler die Arbeitsaufträge mithilfe der Notizen, die sie während des Films 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: Historische Informationen und Weltvergleich**

1. Gib an, seit wann in Deutschland Kernenergie genutzt wurde.  
**Seit 1961 wird in Deutschland Kernenergie genutzt.**
2. Nenne die Anzahl an Kernkraftwerken, die es insgesamt in Deutschland gab.  
**Es gab insgesamt knapp 40 kommerzielle Kernkraftwerke in Deutschland.**
3. Erkläre, was 1986 zum Umdenken in der Bevölkerung führte.  
**Das Reaktorunglück von Tschernobyl in der Sowjetunion.**
4. Erläutere, warum im Jahr 2011 viele Kernkraftwerke abgeschaltet wurden.  
**Nach dem Reaktorunglück von Fukushima in Japan wurden die älteren Kernkraftwerke direkt abgeschaltet.**
5. Erkläre, was mit den restlichen Kernkraftwerken, die weiterbetrieben wurden, passierte.  
**Die restlichen Kernkraftwerke erhielten „Restlaufzeiten“. Das heißt, sie durften noch einige Jahre weiter am Netz bleiben. Im Jahre 2022 sollten die letzten Kernkraftwerke dann abgeschaltet werden. Durch den Krieg in der Ukraine und die damit einhergehende Energieknappheit durften die drei verbliebenen Reaktoren weitere 3,5 Monate betrieben werden. Im April 2023 erfolgte dann die endgültige Abschaltung.**
6. Erläutere die Situation der Kernenergie weltweit.  
**Fast alle großen und bevölkerungsreichen Länder (wie zum Beispiel China, Indien, die USA, Russland) betreiben weiterhin Kernkraftwerke. Zum Teil werden viele neue Kernkraftwerke geplant und gebaut.**

### **Zweite Lerngruppe: Funktionsprinzip eines Druckwasserreaktors**

1. Nenne das Bauteil in einem Wärmekraftwerk, welches die elektrische Energie liefert.  
**Der Generator erzeugt aus Drehbewegung elektrische Energie.**
2. Erkläre, woher die Drehbewegung kommt, mit der der Generator angetrieben wird.  
**Wasserdampf trifft auf Turbinen, welche aus der Energie des Wasserdampfes eine Drehbewegung erzeugen, die dann auf den Generator übertragen wird.**
3. Erkläre den Vorgang im Kernreaktor, bei dem sehr viel Wärme entsteht.  
**Durch Kernspaltung werden schwere Atome in kleinere Atome geteilt. Dabei entstehen neue Neutronen und die kinetische Energie der Trümmerkerne erhitzt das umgebende Wasser. Die Neutronen können unter geeigneten Umständen neue Atome spalten und es entsteht eine Kettenreaktion, die sehr viel Energie freisetzt.**

4. Erläutere, wie die Leistung eines Kernkraftwerkes gesteuert wird.  
In dem man die Menge an freien Neutronen steuert, kann man die Anzahl der Kernspaltungen steuern und damit auch die Menge an freigesetzter Energie. Durch Neutronenfänger (Steuerstäbe) steuert man somit die Leistungsabgabe. Zieht man die Steuerstäbe aus dem Reaktor hinaus, so sind mehr Neutronen zur Spaltung vorhanden und die Energiemenge steigt. Schiebt man die Steuerstäbe in den Reaktor hinein, so werden mehr Neutronen „absorbiert“ und es gibt weniger Neutronen zur Spaltung. Führt man die Stäbe komplett in den Reaktor, so gibt es keine Kernspaltungen mehr (der Reaktor ist „heruntergefahren“).

### **Dritte Lerngruppe: Vor- und Nachteile der Kernenergie**

1. Nenne die Vorteile eines Kernkraftwerkes.  
Dauerbetrieb, keine Luftschadstoffe werden ausgestoßen, Brennstoffe noch auf der Erde vorhanden, sehr hohe Energiedichte etc.
2. Nenne die Nachteile eines Kernkraftwerkes.  
Gefahr von Unfällen mit Freisetzung von radioaktivem Material, radioaktiver Abfall hochradioaktiv und sehr lange strahlend, Entsorgung mit hohen Kosten verbunden.
3. Erkläre, warum der „Dampf“ aus den Kühltürmen eines Kernkraftwerkes kein wirklicher Nachteil ist.  
Der Dampf besteht ausschließlich aus Wasserdampf und enthält keinerlei Luftschadstoffe oder Kohlendioxid. Daher stellt er keine Umweltbelastung dar.
4. Erläutere, warum man den radioaktiven Abfall nicht einfach verbrennen kann.  
Radioaktivität lässt sich nicht durch Hitze oder sonst irgendeinen Prozess chemisch oder mechanisch aufheben. Nur wenn der radioaktive Stoff zu einem Element zerfällt, welches stabil ist, endet der radioaktive Zerfall. Je nach Element gibt es ganze Zerfallsreihen, die durchlaufen werden, bis ein stabiler Zustand entsteht. Bei den einzelnen Zerfällen wird Strahlung abgegeben.

### **Vierte Lerngruppe: Der Fusionsreaktor**

1. Erläutere den Unterschied zwischen Kernspaltung und Kernfusion.  
Bei der Spaltung zerfällt ein schwerer Kern in mehrere leichtere Trümmerkerne und Neutronen. Bei der Fusion werden leichte Kerne miteinander verbunden und es entsteht ein schwererer Kern. Bei beiden Prozessen wird Energie freigesetzt.
2. Erkläre die Vorteile des Fusionsreaktors im Vergleich zum Spaltungsreaktor.  
Die entstehende Radioaktivität ist sehr viel kurzlebiger als bei der Kernspaltung und auch die Menge an radioaktiven Stoffen ist deutlich geringer. Bei einem Unfall endet die Fusion sofort und der Reaktor schaltet sich selbst ab.
3. Gib an, wo Kernfusion außerhalb der Erde stattfindet.  
Unsere Sonne betreibt seit etwa 4,6 Milliarden Jahren Kernfusion.
4. Begründe, warum der radioaktive Abfall eines Fusionsreaktors „besser“ ist als der radioaktive Abfall aus Kernspaltungsreaktoren.  
Der radioaktive Abfall aus den Kernspaltungsreaktoren besteht aus Stoffen, die sehr lange strahlen und über einen extrem langen Zeitraum sicher eingeschlossen werden müssen. Im Gegensatz dazu ist der radioaktive Abfall aus einem Fusionsreaktor deutlich schneller abgebaut.

## Ergänzende Informationen

Das Funktionsprinzip des Kernkraftwerkes ist in diesem Film aus Gründen der besseren Verständlichkeit reduziert dargestellt. Das Wasser hat eigentlich zwei Aufgaben im Druckwasserreaktor. Einerseits nimmt es die entstehende Wärme auf und erfüllt somit eine wichtige Aufgabe beim Energietransport, andererseits sorgt das Wasser auch dafür, dass die bei der Spaltung entstehenden Neutronen abgebremst werden und somit wieder neue Uranatome spalten können. Die Funktion des sogenannten Moderators wird im Film aber nicht angesprochen, da sie für das grundlegende Verständnis nicht notwendig ist.

Es wird auch nicht auf die verschiedenen Bauarten von Atomreaktoren eingegangen. Da in Deutschland hauptsächlich Druckwasserreaktoren zum Einsatz kamen, wurde bei der Erklärung des Funktionsprinzips ein solcher Reaktor verwendet. Weitere in Deutschland verwendete Reaktoren sind die Siedewasserreaktoren, bei denen der Sekundärkreislauf weggelassen wird und der Hauptwasserkreislauf direkt die Turbinen betreibt. Ein Nachteil eines solchen Reaktors ist die Kontamination der Turbinen durch radioaktives Wasser und dadurch erhöhte Sicherheitsanforderungen in einem größeren Teil der Anlage.

Die Sicherheit eines Kernkraftwerkes hatte in Deutschland einen sehr hohen Stellenwert. So besaßen alle Kernkraftwerke in Deutschland eine Vielzahl an Sicherheitsvorkehrungen. Einerseits sorgte ein Barrierekonzept dafür, dass radioaktive Stoffe nicht an die Umwelt abgegeben werden konnten (Matroschka-Prinzip: Der Brennstoff wird im Kristallgitter der keramischen Brennstofftablette eingeschlossen. Die Tabletten befinden sich in den abgeschlossenen Brennstabhüllen. Die Brennstabhüllen befinden sich im Reaktordruckgefäß. Das Reaktordruckgefäß befindet sich in einer Betonummantelung. Die Betonummantelung befindet sich in einem Sicherheitsbehälter. Der Sicherheitsbehälter wird vom Reaktorgebäude umgeben.). Selbst wenn eine oder mehrere der Barrieren zerstört würden, sorgten die verbleibenden Barrieren für den sicheren Einschluss. Zusätzlich sind die Anlagen diversitär (verschiedene technische Anlagen für die gleiche Aufgabe) und redundant (Systeme sind mehrfach vorhanden) aufgebaut. Weiterhin herrschte in den Kernkraftwerken im Inneren ein Unterdruck. Selbst wenn es kleine Öffnungen nach außen geben würde, könnte kein radioaktiver Stoff austreten, da durch den Unterdruck immer nur Luft von außen in das Innere gelangen könnte und nicht umgekehrt. Eine Reihe weiterer Sicherheitseinrichtungen sorgte insgesamt dafür, dass es in Deutschland in einem Kernkraftwerk zu keinem Austritt von Radioaktivität gekommen ist.

Die Kernfusion ist in diesem Film nur ein Beispiel für weitere Möglichkeiten, aus Kernenergie elektrische Energie zu erzeugen. Auch im Bereich der Kernspaltung gibt es Ansätze, die die Probleme bei den „herkömmlichen“ Leichtwasserreaktoren verringern sollen. So sind die Reaktoren der Generation IV nicht mehr wassergekühlt, sondern die Kühlung übernehmen Gase, Metalle oder Salze. Allerdings befinden sich diese Reaktoren noch in der Entwicklung und keines der Systeme löst alle Probleme heutiger Kernspaltungsreaktoren. Dennoch könnten die Mengen an entstehendem hochradioaktivem Material deutlich verringert werden und auch die Unfallanfälligkeit ist bei einigen Systemen deutlich reduziert. Dazu kommt die Tendenz, kleinere Reaktoren zu bauen (Small Modular Reactors, SMR). Die Serienproduktion würde die Baukosten deutlich verringern, zumindest theoretisch. Die Zukunft wird zeigen, welche Technologie sich durchsetzen kann.

## 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       |
|                     | K = Karte      | Tt = Texttafel      | Fo = Foto      |
|                     | D = Diagramm   | A = Arbeitsblatt    | ☞ = interaktiv |

| <b>1. Die Nutzung der Kernenergie - Deutschland und die Welt</b><br>Filmsequenz (4:55 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM |  |      |         |
|--|--|------|---------|
| <b>1.1 Warum ist Deutschland ein Sonderfall?</b>   |  |      |         |
| 1.1.1  | Der Kernenergie auf der Spur - die Grundlagenforschung     | Fo/T | DVD-ROM |
| 1.1.2  | Wofür wir heute Kerntechnik nutzen                         | Tt   | DVD-ROM |
| 1.1.3  | Nutzung der Kernenergie weltweit                           | K/T  | DVD-ROM |
| 1.1.4  | Bedeutung der Kernenergie unter der Lupe                   | D    | DVD-ROM |
| 1.1.5  | Standorte von Kernkraftwerken in Deutschland               | K    | DVD-ROM |
| 1.1.6  | Der Einstieg Deutschlands in die Kernenergie               | Tt/T | DVD-ROM |
| 1.1.7  | Anfänge und Standpunkte der Anti-Atomkraft-Bewegung        | Fo/T | DVD-ROM |
| 1.1.8  | Wichtige Stationen der Anti-Atomkraft-Bewegung             | K/T  | DVD-ROM |
| 1.1.9  | Der Ausstieg Deutschlands in fünf Akten                    | Tt/T | DVD-ROM |
| 1.1.10   | Arbeitsblatt: Kernkraft weltweit - eine aktuelle Recherche | A    | DVD-ROM |
| 1.1.11   | Arbeitsblatt: Deutschlands Kurs durch die Kernenergie      | A/☞  | DVD-ROM |

| <b>2. Im Kernkraftwerk</b><br>Filmsequenz (3:05 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM |   |       |                 |
|--|---|-------|-----------------|
| <b>2.1 Wie wird in einem Kernkraftwerk Strom produziert?</b>                       |   |       |                 |
| 2.1.1  | Filmclip: Kernspaltung, Kettenreaktion, Energiegewinnung (1:45) | F     | DVD-Video + ROM |
| 2.1.2  | Das Atommodell  | Sch/T | DVD-ROM         |
| 2.1.3  | Die Kräfte im Kern  | Fo/T  | DVD-ROM         |
| 2.1.4  | Die Kernspaltung - das „Energiewunder“                          | Sch/T | DVD-ROM         |
| 2.1.5  | Kettenreaktionen der Kernspaltung                               | Sch/T | DVD-ROM         |
| 2.1.6  | Der Aufbau eines Atomkraftwerks                                 | Sch   | DVD-ROM         |

\* Der Unterrichtsfilm ist für Lernende ab dem 5. Schuljahr konzipiert, verschiedene der hier aufgeführten Materialien sind jedoch erst in höheren Klassenstufen einsetzbar.

|        |   |       |         |
|--------|---|-------|---------|
| 2.1.7  | Wie ein Kernkraftwerk funktioniert                        | Sch/T | DVD-ROM |
| 2.1.8  | Die Steuerung des Kernreaktors                            | Sch/T | DVD-ROM |
| 2.1.9  | Arbeitsblatt: Die Kreisläufe im Druckwasserreaktor        | A/☞   | DVD-ROM |
| 2.1.10 | Arbeitsblatt: Wie die elektrische Energie produziert wird | A/☞   | DVD-ROM |
| 2.1.11 | Arbeitsblatt: Die kontrollierte Kettenreaktion            | A/☞   | DVD-ROM |

### 3. Was für und was gegen Kernenergie spricht

**Filmsequenz (3:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM**

#### 3.1 Warum ist Deutschland aus der Atomenergie ausgestiegen?

|       |   |       |                 |
|-------|---|-------|-----------------|
| 3.1.1 | Filmclip: Die Standortauswahl für ein Endlager (1:30) | F     | DVD-Video + ROM |
| 3.1.2 | Vor- und Nachteile der Kernenergie im Kurz-Check      | Tt    | DVD-ROM         |
| 3.1.3 | Radioaktivität ist gefährlich für die Gesundheit      | Sch/T | DVD-ROM         |
| 3.1.4 | Strahlungsbelastung für Milliarden von Jahren         | Sch/T | DVD-ROM         |
| 3.1.5 | Das Müllproblem                                       | Sch/T | DVD-ROM         |
| 3.1.6 | Das unkalkulierbare Risiko                            | Fo/T  | DVD-ROM         |
| 3.1.7 | (K)ein Platz für Atommüll - die Endlager-suche        | K/T   | DVD-ROM         |
| 3.1.8 | Arbeitsblatt: Pro und Kontra Atomenergie              | A/☞   | DVD-ROM         |
| 3.1.9 | Arbeitsblatt: Die Suche nach dem End-lager            | A/☞   | DVD-ROM         |

### 4. Die Kernfusion

**Filmsequenz (3:25 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM**

#### 4.1 Welche Chancen bietet die Kernfusion?

|       |   |       |                 |
|-------|---|-------|-----------------|
| 4.1.1 | Filmclip: Kernfusion - die Energie der Sonne (1:25)     | F     | DVD-Video + ROM |
| 4.1.2 | Warum in der Sonne Atomkerne verschmelzen               | Sch/T | DVD-ROM         |
| 4.1.3 | Fusionsreaktoren für die Energie der Zukunft - der ITER | Sch/T | DVD-ROM         |
| 4.1.4 | Arbeitsblatt: Was du über Kernfusion weißt              | A/☞   | DVD-ROM         |
| 4.1.5 | Arbeitsblatt: Kernfusion oder Kernspaltung?             | 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, Diagramm, 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 „Atomkraft - ein Auslaufmodell?“ 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: Die Nutzung der Kernkraft - Deutschland und die Welt**

- Beschreibe die Entwicklung der Kernforschung.
- Nenne Weltregionen und Länder, in denen die Kernenergie eine wichtige Rolle und in welchen sie kaum eine Rolle spielt.
- Analysiere, wie sich die Anteile der Kernenergie an der Stromproduktion in den verschiedenen Ländern entwickelt haben.
- Charakterisiere den Einstieg Deutschlands in die Nutzung der Kernenergie.

**Materialien**      ⇒      **1.1.1 - 1.1.6**

- Fasse die Entwicklung und die Forderungen der Anti-Atomkraft-Bewegung in Deutschland zusammen.
- Analysiere die Art der Anti-Atomkraft-Proteste.
- Kennzeichne den Ausstieg Deutschlands aus der Nutzung der Kernenergie.
- War der endgültige Ausstieg Deutschlands aus der Kernenergie ein Fehler? Diskutiert in Kleingruppen.

**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: Im Kernkraftwerk**

- Beschreibe den Aufbau eines Atoms.
- Beschreibe die Eigenschaften jener Energie, die wir in Kernkraftwerken durch Kernspaltung nutzen.
- Erläutere den Prozess der Kernspaltung.
- Erkläre, was bei einer unkontrollierten Kettenreaktion passiert.
- Beschreibe den Aufbau eines Atomkraftwerks mit Druckwasserreaktor.
- Erläutere, weshalb der Reaktorkern das „Herz“ eines Kernkraftwerkes darstellt.

**Materialien**      ⇒      **2.1.1 - 2.1.8**

## 2. Gruppe: Was für und was gegen Kernenergie spricht

- Bewerte die Argumente für und gegen die Nutzung von Kernenergie.
- ⊙ Erkläre, welche Gefahr Radioaktivität für unsere Gesundheit darstellt.
- ⊙ Erkläre den Begriff Halbwertszeit an einem Beispiel.
- ⊙ Charakterisiere die Arten und das Zustandekommen radioaktiver Abfälle.
- Berichte über die Ereignisse von Tschernobyl und Fukushima.
- ⊙ Erläutere die Pläne zur Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle.

**Materialien** ⇒ 3.1.1 - 3.1.7

## 3. Gruppe: Die Kernfusion

- Beschreibe ganz allgemein, was bei einer Kernfusion geschieht.
- ⊙ Erkläre Ursachen und Folgen der Kernfusion auf der Sonne.
- ⊙ Erläutere, wie ein Kernfusionsreaktor funktioniert.
- ⊙ Bewerte die Vorteile, die eine Energiegewinnung durch Kernfusion hätte.

**Materialien** ⇒ 4.1.1 - 4.1.3

**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 ⇒ 1.1.10/1.1.11/2.1.9/2.1.10/2.1.11/3.1.8/3.1.9/4.1.4/4.1.5



Alternativ können die Schülerinnen und Schüler die **interaktiven Arbeitsblätter** selbstständig erarbeiten ⇒ 1.1.11/2.1.9/2.1.10/2.1.11/3.1.8/3.1.9/4.1.4/4.1.5

## Gestaltung

Thomas Harms, Hamburg

Daniela Knapp, Hamburg

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

**Schnitt:** Virginia von Zahn, Hamburg

**Animationen:** Holger Korn, Neumünster

*Mit Dank an*

*BASE - Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung*

*BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerungen mbH*

*ITER - International Thermonuclear Experimental Reactor*

*Deutscher Bundestag*

**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