



WBF

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

Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

Neue Stromtrassen für die Energiewende

Kabel oder Freileitung?



**Unterrichtsfilm, ca. 16 Minuten,
Filmsequenzen, Zusatzmaterial, Arbeitsblätter, interaktives Quiz**

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 9. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Geographie/Erdkunde, Wirtschaft, Physik,
Naturwissenschaft und Technik

Kurzbeschreibung des Films

Kabelverlegeschiffe verlegen in der Nordsee Seekabel, die Offshore-Windparks, Umspannstationen und Konverterplattformen miteinander verbinden und den elektrischen Strom an die Küste leiten. Zusammen mit dem auf dem Festland erzeugten Strom aus Windfarmen entsteht ein Überschuss, der auf neuen Trassen in den Süden Deutschlands transportiert werden soll. Für den Stromtransport bietet sich der Bau von Freileitungen oder die Verlegung von Erdkabeln an. Der Film zeigt für beide Systeme Bauvorbereitung sowie Durchführung und thematisiert die Vor- und Nachteile. Am Ende steht die Frage, welchem System der Vorzug zu geben ist.

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler befassen sich mit dem Energiebedarf und der Energieversorgung. Sie beschreiben Kraftwerkstypen und nennen Versorgungsnetze im Meer und an Land. Sie beschreiben Möglichkeiten der Energieversorgung mithilfe von Energieübertragungsketten. Sie analysieren Eignungsfaktoren eines Standorts für ein Energieversorgungssystem unter funktionalen und ökologischen Kriterien. Sie erörtern mögliche Konflikte sowie wirtschaftliche, technische und ökologische Herausforderungen bei der Nutzung von Windkraft. Sie erläutern die Ziele der Energiewende, zukünftig die Energie hauptsächlich aus erneuerbaren Quellen zu beziehen.

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	• Ergebnissicherung	S. 8
• Struktur der WBF-DVD	S. 3	• Zuordnungsaufgabe	S. 9
• Unterrichtliche Rahmenbedingungen	S. 4	• Übersicht über die Materialien	S. 10
• Inhalt und Aufbau des Films	S. 4	• Didaktische Merkmale der WBF-DVD Kompakt neu	S. 11
• Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms	S. 5	• Zum Einsatz der WBF-DVD Kompakt neu	S. 11
• Arbeitsaufträge und mögliche Antworten der Schüler/-innen	S. 6	• Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge	S. 12

Hilfe für den Benutzer

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

DVD-Video-Teil

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

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

Schwerpunkte: Der WBF-Unterrichtsfilm ist in Filmsequenzen (= Schwerpunkte) unterteilt.

DVD-ROM-Teil

Im DVD-Laufwerk Ihres PC können Sie den DVD-ROM-Teil über den Explorer durch Öffnen der **Index-Datei** starten. Für den Wechsel zum DVD-Video-Teil starten Sie Ihre DVD-Software.

Der Unterrichtsfilm und die Filmsequenzen sind direkt vom DVD-ROM-Teil abspielbar. Sie finden dort weiterführende **Materialien**, **Arbeitsblätter**, ein **interaktives Quiz** (im HTML5-Format, geeignet für Tablets, Whiteboards ...) und die **Infothek**.

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 diese Arbeitsaufträge in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

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

Infothek - hier finden Sie folgende Dokumente als PDF- und Word-Datei:

- die **Arbeitsaufträge für alle Materialien**, zusammengestellt in einer Datei
- das **didaktische Unterrichtsblatt** mit Anregungen für den Unterricht
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsmaterialien**

Struktur der WBF-DVD

Unterrichtsfilm: Neue Stromtrassen für die Energiewende Kabel oder Freileitung?	
1. Schwerpunkt Seekabel	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (3:50 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
1.1	Wie wird Strom durch das Meer transportiert?
2. Schwerpunkt Freileitung	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (5:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
2.1	Welches sind die Merkmale einer Freileitung?
3. Schwerpunkt Erdkabel	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:50 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 10)	
3.1	Warum sind Arbeiten für Erdkabel so aufwendig?

Systemvoraussetzungen für den Einsatz der DVD-ROM:

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

Unterrichtliche Rahmenbedingungen

Das Thema „erneuerbare Energien“ begegnet den Schülerinnen und Schülern in allen Medien. Es ist auch in den Lehrplänen und Rahmenrichtlinien verankert. Folglich muss ebenfalls der Stromtransport bearbeitet werden. Hier kann die Lehrkraft auf Vorkenntnisse aus dem Physikunterricht zurückgreifen, z. B. auf den Unterschied zwischen Wechselstrom und Gleichstrom. Die Schülerinnen und Schüler sollten auch eine Atlaskarte zum Thema „Energiewirtschaft in Deutschland“ auswerten können.

Inhalt und Aufbau des Films

Der Unterrichtsfilm behandelt drei Schwerpunkte:

1. Seekabel, 2. Freileitung, 3. Erdkabel.

Einstieg: Im Norden Deutschlands erzeugen Windkraftanlagen Onshore und Offshore elektrischen Strom. Wie soll der Stromüberschuss aus dem windreichen Norden in den windärmeren Süden Deutschlands transportiert werden, wo er gebraucht wird?

1. Seekabel

Ein Kabelverlegungsschiff verlegt in der Nordsee Seekabel. Der von den Windkraftanlagen erzeugte Wechselstrom wird in Umspannstationen gesammelt. Schlepper und ein Schwimmkran sind daran beteiligt, eine Konverterplattform auf dem Meeresboden abzusetzen. Die Konverterplattform wandelt den Wechselstrom in Gleichstrom um und leitet ihn zuerst per Seekabel und dann per Erdkabel weiter. Ziel sind die Umspannstation und die Konverterstation an Land.

2. Freileitung

Eine topographische Karte zeigt den geplanten Verlauf der beiden "Stromautobahnen" Südlink und Südostlink. Wie der Strom transportiert werden soll, wird mit Bildern von Strommasten und Freileitungen beantwortet. Vor Baubeginn bearbeiten die Planer wichtige Fragen: Wie sieht das Gelände aus? Wo verlaufen Straßen? Wo müssen einzelne Bäume geschützt werden? Wo gibt es Wald? Geologen begutachten den Untergrund, dann wird das Betonfundament geschüttet. Anschließend verschrauben Monteure die Abschnitte des Gittermastes am Boden. Es erfolgt die Arbeit in luftiger Höhe. Ein Hubschrauber unterstützt die Monteure beim Befestigen der Leiterseile.
Zusammenfassung: Vor- und Nachteile einer Freileitung

3. Erdkabel

Ein ausgehobener Kabelgraben verdeutlicht die Möglichkeit, Strom *unter* der Erde zu transportieren. Eine Luftbildaufnahme zeigt den erforderlichen Abstand zu Siedlungen. Grundstückseigentümer werden bei einer Begehung informiert. Ein Baggerführer hebt einen Kabelgraben aus und lagert den Mutterboden sowie den restlichen Aushub getrennt voneinander ab. Dann erfolgt das Verlegen des Erdkabels. Anschließend wird der Kabelgraben wieder aufgefüllt. Ein Flug über die Kabeltrasse und den Schutzstreifen nach einem Jahr vermittelt nur den Eindruck einer bewachsenen, landwirtschaftlichen Nutzfläche. Vom Erdkabel selbst ist nichts zu sehen.

Zusammenfassung: Vor- und Nachteile eines Erdkabels

Abspann: Bereits bekannte Bilder von Freileitungen und Erdkabeln fordern die Schülerinnen und Schüler zu eigenen Stellungnahmen auf.

Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Vorarbeit der Lehrkraft	Die Sichtung des Films vor Unterrichtsbeginn ist unerlässlich. Die Beobachtungs- und Arbeitsaufträge sollten vorher kopiert werden. Alternativ können sie diktiert oder von den Lerngruppen von der Tafel oder dem Whiteboard abgeschrieben werden (zeitraubend!).
Methodisch-didaktische Vorüberlegungen	Für die Erarbeitung bieten sich folgende Möglichkeiten an: a) Die Lehrkraft setzt den Film ein, ohne das Thema vorher bekannt zu geben. Bei den Schülerinnen und Schülern entsteht so ein hoher Motivationsgrad. Bei zu geringen Vorkenntnissen könnte jedoch das Verständnis für die Gesamtproblematik leiden. b) Die Lehrkraft nennt das Thema des Unterrichtsfilms. Danach erfolgt ein „Brainstorming“. Die spontan ermittelten Begriffe und Aussagen werden festgehalten und können zur späteren Evaluation des Films herangezogen werden. c) Die Schülerinnen und Schüler entwerfen eine „Mental Map“ zum Thema Windenergie und Stromtrassen.
Verteilung der Beobachtungs- und Arbeitsaufträge	Die Lehrkraft teilt die Klasse in Gruppen ein und verteilt die Beobachtungsaufträge für die Filmbetrachtung (Kopiervorlage S. 12). Die Aufträge können auch für die Gruppen-, Partner- oder Einzelarbeit gegliedert oder zusammengefasst werden. Sie sind zugleich Arbeitsaufträge für die Auswertung nach der Filmbetrachtung.
Filmvorführung	Die Lerngruppen sehen sich den Unterrichtsfilm gemeinsam an, ohne mitzuschreiben.
Auswertung	Die Lerngruppen äußern sich spontan zu dem Unterrichtsfilm. Gut geeignet ist die Frage der Lehrkraft, welche Filmsequenz am besten gefallen hat. Sie erfordert bereits eine einfache Begründung. Die Lehrkraft klärt Begriffe und Zusammenhänge, die einzelnen Schülerinnen und Schülern nicht deutlich wurden. Als schnelle Verständnisüberprüfung eignet sich auch eine von den Lerngruppen in fünf bis acht Minuten zu erstellende Stichwortliste zu den Filminhalten. Die Lerngruppen bearbeiten anschließend ihre Arbeitsaufträge und werden dabei von der Lehrkraft unterstützt.
Sicherung	Die Gruppensprecher tragen die Ergebnisse vor. Die Lehrkraft oder ein Schüler/eine Schülerin fasst die Auswertungen an der Tafel, auf der Folie oder dem Whiteboard zusammen (Ergebnissicherung siehe S. 8). Die Schülerinnen und Schüler übertragen die Ergebnissicherung in ihr Arbeitsheft bzw. ihren Ordner.
Lernerfolgskontrolle	Die Schülerinnen und Schüler formulieren eine schriftliche Zusammenfassung des Unterrichtsfilms (maximal eine DIN-A4-Seite). Motivierender ist die Bearbeitung der Arbeitsmaterialien, die im PDF- und Word-Format vorliegen. Die im DVD-ROM-Teil aufgeführten Arbeitsblätter erhöhen die Bereitschaft zur Selbstüberprüfung.
Transfer	In einer weiterführenden Unterrichtsphase kann über mögliche Sorgen und Widerstände von Betroffenen und Grundstückseigentümern diskutiert werden.

Arbeitsaufträge und mögliche Antworten der Schüler/-innen

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.

Erste Lerngruppe: Seekabel

- 1. **Nenne Geräte und Anlagen, die für das Verlegen erforderlich sind.**
⇒ Erforderlich sind ein Kabelverlegungsschiff, Seekabel und ein Unterwasserschlitten.
- 2. **Beschreibe die Aufgabe eines Unterwasserschlittens.**
⇒ Der Unterwasserschlitten, auch Spülschlitten genannt, spült mit hohem Wasserdruck das Kabel in die Kabeltrasse ein.
- 3. **Berichte, wohin der Strom von den Windkraftanlagen zuerst fließt.**
⇒ Zuerst wird der von den Windparks erzeugte Strom in der Umspannstation gebündelt.
- ⊙ 4. **Erläutere, welches Verbindungsglied für den Stromtransport auf das Festland noch fehlt.**
⇒ Noch fehlt die Konverterstation. Sie besteht aus einer Unterkonstruktion und einem Oberbau. Der Unterbau wird im Meer verankert, der Oberbau aufgesetzt und 30 Meter über den Meeresspiegel gehoben. Dann ist die Plattform wellen- und sturmsicher.
- ⊙ 5. **Erkläre, wofür eine Konverterstation gebraucht wird.**
⇒ Eine Konverterstation wandelt den Wechselstrom von den Windparks in Gleichstrom um. Denn Wechselstrom lässt sich nur mit Energieverlust weiterleiten. Gleichstrom dagegen kann fast verlustfrei transportiert werden.
- 6. **Verfolge den weiteren Weg des Stroms von der Konverterstation auf See.**
⇒ Der Gleichstrom fließt über ein Seekabel am Meeresboden und durch das Watt an Land. Per Erdkabel geht es weiter zur Umspannstation und zur Konverterstation an Land. Hier wird der Gleichstrom über mehrere Stationen wieder in Wechselstrom umgewandelt und an das Hochspannungsnetz angeschlossen.

Zweite Lerngruppe: Freileitung

- 1. **Nenne die Stromtrassen, auf denen der Strom nach Süden transportiert werden soll.**
⇒ Die Windstromleitungen Südlink und Südostlink aus dem windreichen Norden
- 2. **Stelle fest, welche Vorarbeiten für den Bau einer Freileitung nötig sind.**
⇒ Die Planer informieren sich über das Gelände, darauf stehende Gebäude, über Straßen und schützenswerte Einzelbäume und Wälder.
Geologen untersuchen den Bauuntergrund für die Masten.
Gutachter achten auf die Einhaltung von Umweltauflagen.

- 3. **Berichte über die Arbeiten, die am Boden stattfinden.**
 - ⇒ Das Fundament (die Bodenplatte) wird betoniert.
 - Die Monteure schrauben die einzelnen Abschnitte zusammen.
 - Ein Mobilkran bringt die Abschnitte nach oben.
 - Auf dem Trommelplatz laufen von einer Winde die Leiterseile ab.
- 4. **Beschreibe die Arbeiten der Monteure auf den Masten.**
 - ⇒ Sie befestigen die Seile am Mast. Sie passen die Seildurchhänge an. Sie montieren die Abstandhalter und das Blitzschutzseil.
- ⊙ 5. **Begründe, warum von dem Hubschrauberpiloten und den Monteuren höchste Konzentration abverlangt wird.**
 - ⇒ Hubschrauber kommen zum Einsatz, wenn die Leitung eine Straße, Eisenbahngleise oder einen Wasserlauf überquert. Der Pilot muss so nahe wie möglich an den Mast heranfliegen. Der Monteur muss erst das Seil greifen und dann am Mast einfädeln, und das alles in 65 Metern Höhe.
- 6. **Stelle den Vorteilen einer Freileitung die Nachteile gegenüber.**
 - ⇒ Vorteile: Sie ist kostengünstig zu errichten und hochbelastbar, weil Wärme leicht an die Luft abgegeben werden kann. Reparaturkosten sind gering.
 - Nachteile: Sie verändert die Landschaft, ist eine Gefahr für Vögel und störanfälliger als ein Erdkabel. Deshalb wollen viele Menschen keine Strommasten in der Nähe ihrer Wohnung oder auf ihrem Grundstück.

Dritte Lerngruppe: Erdkabel

- 1. **Beschreibe, was die Planer vor den Bauarbeiten berücksichtigen müssen.**
 - ⇒ Beim Festlegen der Trasse müssen sie den Abstand zu Siedlungen einhalten. Besondere Aufmerksamkeit erfordert das Unterqueren von Straßen oder Wasserläufen. Die Grundstückseigentümer müssen informiert werden.
- 2. **Schildere die Vorarbeiten vor dem eigentlichen Verlegen des Kabels.**
 - ⇒ Ein Baggerfahrer hebt einen Kabelgraben aus. Er lagert den Mutterboden getrennt vom restlichen Aushub ab.
- 3. **Nenne die Breite des Arbeitsstreifens und die Tiefe des Kabelgrabens.**
 - ⇒ Der Arbeitsstreifen ist in der Bauzeit 20-25 Meter breit, der Kabelgraben bis zu 2 Meter tief.
- ⊙ 4. **Erkläre, warum die Kabel in einem Sandbett liegen.**
 - ⇒ Beim Durchleiten des Stroms entsteht Wärme. Der Sand leitet die Wärme ab.
- ⊙ 5. **Erläutere, wie die Kabeltrasse nach einem Jahr aussieht.**
 - ⇒ Von dem Kabelgraben und dem verlegten Erdkabel ist nichts zu erkennen. Die Fläche wird landwirtschaftlich genutzt. Es stehen aber keine Bäume auf der Kabeltrasse und dem Schutzstreifen. Der Bauer darf nur Pflanzen anbauen, deren Wurzeln nicht tiefer als 1,20 Meter reichen.
- 6. **Stelle den Vorteilen eines Erdkabels die Nachteile gegenüber.**
 - ⇒ Vorteile: Ein Erdkabel liegt unsichtbar unter der Erde. Es ist weniger störanfällig als eine Freileitung. Eine landwirtschaftliche Nutzung ist nach dem Bau wieder möglich. Der Mutterboden und der Boden darunter werden getrennt gelagert und später wieder so aufgefüllt. Die Erdarbeiten dauern nicht allzu lange.

Nachteile: Der Bau ist sehr teuer. Während des Baus ist die Landschaft beeinträchtigt. Eine Reparatur dauert sehr lange. Manche befürchten, dass ein Erdkabel viel Wärme abgibt und so ein trockener Steifen entstehen könnte.

Alle Lerngruppen

- 1. Erläutert, warum Strom aus Windenergie in den Süden Deutschlands transportiert werden soll.
 - ⇒ Der Norden ist erheblich windreicher als der Süden. Deshalb stehen hier viele Windkraftanlagen auf dem Festland (Onshore) und auf See (Offshore).
- 2. Begründet eure Entscheidung für ein Erdkabel oder eine Freileitung.
 - ⇒ Individuelle Bearbeitung

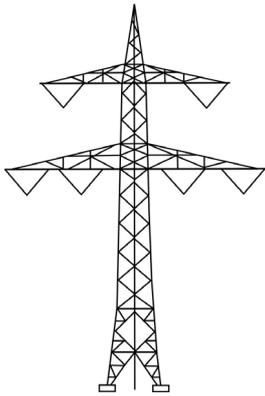
Ergebnissicherung

<u>Seekabel</u>	<u>Freileitung</u>	<u>Erdkabel</u>
Kabelverlegungsschiff mit Kabeltrommel	Betonieren des Fundaments und der Mastfüße	Ausheben des Kabelgrabens, Lagern von Mutterboden und restlichem Aushub
↓	↓	↓
Ausheben eines Grabens mit Kabelschlitten auf dem Meeresgrund	Zusammenschrauben der Mastabschnitte	Verlegen des Erdkabels
↓	↓	↓
Verlegen des Seekabels	Hochziehen Abschnitte und Seile auf die Masten	Sichern mit Abdeckplatten und Warnband
↓	↓	↓
Anschließen an Umspannstation auf See	Justieren Seilabstände Anbringen Blitzschutzseil	Verfüllen des Kabelgrabens, Rekultivieren

Lösung zur Zuordnungsaufgabe S. 9

1	E	Beeinflussung von Bodenbeschaffenheit und Bewuchs	-
2	F	Beeinträchtigung des Landschaftsbildes	-
3	E	bei Stromdurchleitung geringere Verluste	+
4	E	Freihalten der Kabeltrassen von tief wurzelnden Pflanzen	-
5	F	Gefahr für Vögel	-
6	E	geringe Auswirkungen auf das Landschaftsbild	+
7	F	geringe Reparatur- und Ausfallkosten	+
8	E	höhere Bau- und Reparaturkosten	-
9	E	kaum störanfällig gegenüber Blitzeinschlag	+
10	E	keine Gefahr für Vögel	+
11	F	kleinere Naturschutzgebiete leicht zu überspannen	+
12	F	kostengünstig und schnell zu errichten	+
13	F	kurzfristige Überlastungen zulässig	+
14	E	längere Bau- und Ausfallzeiten	-
15	F	schnelle Behebung von Fehlern bei Störungen	+
16	F	störanfällig gegenüber Sturm und Eis	-

Eine Zuordnung - Kabel oder Freileitung? Vor- oder Nachteil?



1. ► Ordne den Aussagen in der zweiten Spalte links zu, ob es sich um das Erdkabel (E) oder um die Freileitung (F) handelt.
2. ► Handelt es sich um einen Vorteil oder einen Nachteil? Trage in der Spalte rechts + oder – ein.



1	E	Beeinflussung von Bodenbeschaffenheit und Bewuchs	-
2		Beeinträchtigung des Landschaftsbildes	
3		bei Stromdurchleitung geringere Verluste	
4		Freihalten der Kabeltrassen von tief wurzelnden Pflanzen	
5		Gefahr für Vögel	
6		geringe Auswirkungen auf das Landschaftsbild	
7		geringe Reparatur- und Ausfallkosten	
8		höhere Bau- und Reparaturkosten	
9		kaum störanfällig gegenüber Blitzeinschlag	
10		keine Gefahr für Vögel	
11		kleinere Naturschutzgebiete leicht zu überspannen	
12		kostengünstig und schnell zu errichten	
13		kurzfristige Überlastungen zulässig	
14		längere Bau- und Ausfallzeiten	
15		schnelle Behebung von Fehlern bei Störungen	
16		störanfällig gegenüber Sturm und Eis	

Quelle: WBF 2019, nach: Bundesnetzagentur: Broschüren Erdkabel und Freileitungen

Übersicht über die Materialien

Ziffern: 1. Schwerpunkt 1.1 Problemstellung 1.1.1 Material

Abkürzungen: Tt = Texttafel T = Text Sch = Schaubild

Fo = Foto A = Arbeitsblatt

1. Seekabel Filmsequenz (3:50 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
1.1 Wie wird Strom durch das Meer transportiert?		
1.1.1	Seekabel - Stromleitungen im Meer	Tt
1.1.2	Unterschied zwischen Wechselstrom und Gleichstrom	Tt
1.1.3	Vom Offshore-Windpark zur Konverterstation an Land	Sch
1.1.4	Arbeitsblatt: Wie der Strom vom Meer auf das Land kommt	A

2. Freileitung Filmsequenz (5:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
2.1 Welches sind die Merkmale einer Freileitung?		
2.1.1	Freileitungsmasten	Fo/T
2.1.2	Höhe und Breite von Masten für Höchstspannungsleitungen	Sch/T
2.1.3	Bau von Freileitungen	Sch
2.1.4	Arbeitsblatt: Kennzeichen einer Freileitung	A

3. Erdkabel Filmsequenz (4:50 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM		
3.1 Warum sind Arbeiten für Erdkabel so aufwendig?		
3.1.1	Verlegen eines Erdkabels	Sch/T
3.1.2	Erdkabel im Betrieb	Sch/T
3.1.3	Erfahrungen eines Landwirts mit der Erdverkabelung	Tt
3.1.4	Arbeitsblatt: Erdkabel oder Freileitung? Eine Zuordnung	A

Didaktische Merkmale der WBF-DVD Kompakt neu

- Die didaktische Konzeption der WBF-DVD ist problem- und handlungsorientiert. Sie ermöglicht entdeckendes Lernen und fördert die Sach-, Methoden- und Medienkompetenz.
- Der Aufbau der DVD ist übersichtlich. Sie ist in Schwerpunkte unterteilt, die der Untergliederung des Unterrichtsfilms entsprechen. Den Schwerpunkten ist jeweils eine Problemstellung zugeordnet, die mithilfe des filmischen Inhalts und der Materialien erarbeitet werden kann. Die didaktische Konzeption der WBF-DVD hat das Ziel, zu einer lebendigen Unterrichtsgestaltung beizutragen.
- Zu jedem Material bietet die WBF-DVD **Arbeitsaufträge** an, die nach den Schwierigkeitsgraden „leicht“, „mittel“ und „schwer“ gekennzeichnet sind. Sie sind nicht verbindlich, sondern können reduziert oder ergänzt werden. Durch die Arbeitsaufträge mit ihrem Aufforderungscharakter haben die Lerngruppen einen besseren Zugang zu den Materialien. So ist eine gezielte Erschließung der Materialien möglich.
- Die **Arbeitsblätter** auf dem DVD-ROM-Teil können als PDF- oder als Word-Datei ausgedruckt werden. Sie fördern die selbstständige und handlungsorientierte Erschließung und Bearbeitung einzelner Problemfelder in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit. Die vorgegebenen Arbeitsaufträge auf den Arbeitsblättern sind nicht verbindlich, sondern können reduziert, ergänzt oder weggelassen werden.

Zum Einsatz der WBF-DVD Kompakt neu

1. Möglichkeit: Nach Verteilung der Beobachtungs- und Arbeitsaufträge (s. S. 12) führt die Lehrkraft den Unterrichtsfilm als Einheit vor. Die Auswertung erfolgt nach den Vorschlägen auf S. 6 ff. Danach werden Fragen zum weiteren Verständnis und zur vertiefenden Problematisierung gesammelt. Die Zuordnung ergibt sich aus der Struktur des Unterrichtsfilms mit den Schwerpunkten. Die unterrichtlichen Schwerpunkte sollten im Unterrichtsgespräch erörtert werden. Anschließend erfolgt die Einteilung der Schülerinnen und Schüler in Gruppen. Für diese *Gruppenarbeit* bietet es sich an, die Materialien des **DVD-ROM-Teils** auszudrucken und den jeweiligen Gruppen zur freien Bearbeitung zur Verfügung zu stellen. Die **Arbeitsblätter** ermöglichen eine selbstständige, weiterführende Bearbeitung der Themenschwerpunkte.

2. Möglichkeit: Für eine Bearbeitung im *Klassenverband* strukturiert die Lehrkraft die Materialien aus dem **DVD-ROM-Teil** vor. Damit lässt sich der Lernfortschritt dem Leistungsstand der Klasse anpassen. Zur Wiederholung und zur Hervorhebung bestimmter Themaspekte des Unterrichtsfilms kann die Lehrkraft die **Filmsequenzen** zu den Schwerpunkten der WBF-DVD einzeln anwählen und vorführen. Die **Arbeitsaufträge** erleichtern die Erschließung der Materialien.

3. Möglichkeit: selbstständige Bearbeitung durch die Lerngruppen am Computer
Die Klasse stellt nach der Filmbetrachtung eine Liste der zu bearbeitenden Themen auf. Nach der Einteilung in Gruppen wählen die Gruppenmitglieder ein Thema und die zu bearbeitenden Materialien auf der WBF-DVD selbstständig aus und kopieren und bearbeiten sie in einem eigenen Ordner. Jede Gruppe druckt für die Präsentation die Materialien aus oder ruft sie nacheinander auf und kommentiert sie.

4. Möglichkeit: selbstständige Projektarbeit

Die Gruppenmitglieder wählen die für ihr Thema relevanten WBF-Materialien aus und bereiten ihre Präsentation selbstständig vor.

Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge zum Unterrichtsfilm

leicht mittel schwer

Erste Lerngruppe: Seekabel

- 1. Nenne Geräte und Anlagen, die für das Verlegen erforderlich sind.
- 2. Beschreibe die Aufgabe eines Unterwasserschlittens.
- 3. Berichte, wohin der Strom von den Windkraftanlagen zuerst fließt.
- 4. Erläutere, welches Verbindungsglied für den Stromtransport auf das Festland noch fehlt.
- 5. Erkläre, wofür eine Konverterstation gebraucht wird.
- 6. Verfolge den weiteren Weg des Stroms von der Konverterstation auf See.

Zweite Lerngruppe: Freileitung

- 1. Nenne die Stromtrassen, auf denen der Strom nach Süden transportiert werden soll.
- 2. Stelle fest, welche Vorarbeiten für den Bau einer Freileitung nötig sind.
- 3. Berichte über die Arbeiten, die am Boden stattfinden.
- 4. Beschreibe die Arbeiten der Monteure auf den Masten.
- 5. Begründe, warum von dem Hubschrauberpiloten und den Monteuren höchste Konzentration abverlangt wird.
- 6. Stelle den Vorteilen einer Freileitung die Nachteile gegenüber.

Dritte Lerngruppe: Erdkabel

- 1. Beschreibe, was die Planer vor den Bauarbeiten berücksichtigen müssen.
- 2. Schildere die Vorarbeiten vor dem eigentlichen Verlegen des Kabels.
- 3. Nenne die Breite des Arbeitsstreifens und die Tiefe des Kabelgrabens.
- 4. Erkläre, warum die Kabel in einem Sandbett liegen.
- 5. Erläutere, wie die Kabeltrasse nach einem Jahr aussieht.
- 6. Stelle den Vorteilen eines Erdkabels die Nachteile gegenüber.

Alle Lerngruppen:

- 1. Erläutert, warum Strom aus Windenergie in den Süden Deutschlands transportiert werden soll.
- 2. Begründet eure Entscheidung für ein Erdkabel oder eine Freileitung.

Gestaltung: Peter Fischer, Oelixdorf (auch Unterrichtsblatt)

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

Schnitt: Virginia von Zahn, Hamburg

Mit Dank an die Übertragungsnetzbetreiber
TenneT und Amprion für die freundliche Überlassung von Filmmaterial

Weitere WBF-DVDs zum Thema Energie

- Grundwissen erneuerbare Energien 1: Sonne, Wind und Wasser
- Grundwissen erneuerbare Energien 2: Erdwärme, Biomasse, Wellen und Gezeiten

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

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

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