



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

Wenn der Meeresspiegel steigt

Ursachen - Auswirkungen - Gegenmaßnahmen



**Unterrichtsfilm, ca. 15 Minuten,
Filmsequenzen, umfangreiches Zusatzmaterial und Arbeitsblätter**

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 7./8. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Erdkunde/Geographie, Weltkunde, Gemein-
schaftskunde, Physik, Chemie

Kurzbeschreibung des Films

Stürme drücken die Wassermassen an die Küste. Die Meere erwärmen sich, das Wasser dehnt sich aus. Beeindruckende Naturszenen und anschauliche Animationen zeigen wegen des Klimawandels abschmelzende Eismassen auf Grönland und in der Antarktis. In einem Wellenkanal wird die Wirkung von höheren Wasserständen erforscht. Eine schwere Sturmflut überrollt New York. Wie in einem Science-Fiction-Film stehen Millionenstädte unter Wasser. Eine Küstenschutzmauer in Jakarta, Fluttore in Venedig, ein Sturmflutsperrwerk in den Niederlanden oder Klimadeiche an der deutschen Nordseeküste sind Beispiele für mögliche Schutzmaßnahmen.

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler erläutern die Veränderungen der Ozeane aufgrund des Klimawandels. Sie erschließen Ursachen für den zunehmenden anthropogenen Treibhauseffekt und erläutern die Ursachen des Meeresspiegelanstiegs. Sie beschreiben die Auswirkungen der Erwärmung der Weltmeere, indem sie darstellen, wie sich die Temperatur der Meere verändert und welche Folgen sich dadurch ergeben. Sie erörtern die Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Arktis und Antarktis. Sie erläutern die Folgen eines weiteren Meeresspiegelanstiegs für die Küstenstädte. Sie beurteilen mögliche Gegen- und Schutzmaßnahmen auf ihre Wirksamkeit.

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	• Ergänzende Informationen	S. 10
• Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern	S. 3	• Übersicht über die Materialien	S. 12
• Struktur der WBF-DVD	S. 4	• Didaktische Merkmale der WBF-DVD	S. 14
• Unterrichtliche Rahmenbedingungen	S. 5	• Anregungen für den Unterricht: Einsatz der gesamten WBF-DVD	S. 14
• Inhalt und Aufbau des Films	S. 5	• Vorschlag für eine Unterrichtseinheit mit den DVD-Materialien	S. 15
• Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms	S. 6	• Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge	S. 16
• Arbeitsaufträge/Schülerantworten	S. 7		

Hilfe für den Benutzer

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

DVD-Video-Teil

In Ihrem DVD-Player wird der DVD-Video-Teil automatisch gestartet. Über das Menü können der Hauptfilm, die Filmsequenzen und die zusätzlichen Filmclips abgespielt werden.

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

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

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

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

DVD-ROM-Teil

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

Der DVD-ROM-Teil bietet zahlreiche **weiterführende Materialien**, interaktive Arbeitsblätter (siehe Seite 3) und hilfreiche Informationen wie zum Beispiel das didaktische Unterrichtsblatt, den Vorschlag für eine Unterrichtseinheit 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, zum Beispiel:

Hauptmenü	Schwerpunkt	Problemstellung	Material
Schwerpunkte	1. Ursachen des Meeresspiegelanstiegs	1.1 Wodurch wird der Meeresspiegelanstieg beeinflusst?	1.1.3 Grönlands Eispanzer schmilzt

Alle Materialien können als PDF- oder Word-Datei aufgerufen und ausgedruckt werden. Sie sind nach den Schwerpunkten und Problemstellungen gegliedert. Zu allen Materialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien finden Sie das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge.

Zur Unterstützung der **Binnendifferenzierung** sind auch diese Arbeitsaufträge in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

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

In den Schwerpunkten und Problemstellungen werden die Arbeitsblätter bewusst ohne Lösungen angeboten, um den Schülerinnen und Schülern ein selbstständiges Arbeiten zu ermöglichen. Die Arbeitsblätter mit Lösungen finden Sie in der Infothek unter **Sammlungen aller Arbeitsblätter - Lehrer**.

Infothek

Hier finden Sie folgende Dokumente als PDF- und Word-Datei:

- die **Übersicht über die Materialien**
- das **didaktische Unterrichtsblatt** mit Anregungen für den Unterricht
- die **Arbeitsaufträge für alle Materialien**, zusammengestellt in einer Datei
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsmaterialien**
- die **Sprechertexte** für den Hauptfilm, die Filmsequenzen und zusätzlichen Filmclips
- den **Vorschlag für eine Unterrichtseinheit**
- die **Bildungsstandards und WBF-Medien** sowie
- die **Lehrplanbezüge nach Bundesländern**

Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern



Die WBF-DVD Premium plus bietet Ihnen zusätzlich zu den bisherigen didaktisch aufbereiteten Materialien eine Auswahl von **vier interaktiven Arbeitsblättern**. Sie können diese Arbeitsblätter direkt über die Startseite unter **Interaktive Arbeitsblätter** oder über die Schwerpunkte und Problemstellungen aufrufen. Die interaktiven Arbeitsblätter liegen im HTML5-Format vor und können an verschiedenen Endgeräten bearbeitet werden (z. B. Whiteboard, Tablets ...).

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 X, DVD-Laufwerk mit gängiger Abspielsoftware, 16-Bit-Soundkarte mit Lautsprechern, Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel oder höher

Struktur der WBF-DVD

Unterrichtsfilm:	
Wenn der Meeresspiegel steigt Ursachen - Auswirkungen - Gegenmaßnahmen	
1. Schwerpunkt Ursachen des Meeresspiegelanstiegs	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (5:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12/13)	
1.1	Wodurch wird der Meeresspiegelanstieg beeinflusst?
2. Schwerpunkt Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)	
2.1	Welche Auswirkungen hat der Meeresspiegelanstieg auf die Küsten?
3. Schwerpunkt Gegenmaßnahmen zum Schutz überflutungsgefährdeter Gebiete	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 13)	
3.1	Wie sollen wir uns gegen das Meer verteidigen?

Unterrichtliche Rahmenbedingungen

Den Schülerinnen und Schülern sind die Anzeichen des Klimawandels bekannt. Sie haben gelernt, eine Übersicht mit den Eisformen und ihren Verbreitungsgebieten auf der Erde zu erstellen. Sie können die Treibhausgase benennen sowie die natürlichen und anthropogenen Auswirkungen des Treibhauseffektes auf das Klima erläutern. „Tauwetter an den Polen“ und Auswirkungen auf den Meeresspiegel wurde als Thema im Unterricht bereits angeschnitten.

Inhalt und Aufbau des Films

Einstieg

Eine unruhige See mit hohem Wellengang verstärkt die Wirkung der den Unterrichtsfilm bestimmenden Schlüsselwörter „Klimawandel“ und „Meeresspiegelanstieg“.

1. Ursachen des Meeresspiegelanstiegs

Heftige Stürme und die Erwärmung des Meerwassers sind zwei Faktoren für den Meeresspiegelanstieg. Den größten Einfluss haben das Abschmelzen der Gletscher sowie der Eisschilde von Grönland und der Antarktis. Ein totales Abschmelzen würde den Meeresspiegel um 65 Meter ansteigen lassen. Anschaulich erklärt ein Eisforscher die Vorgänge beim Eisrückgang. Animationen verdeutlichen, wie Inlandeis Richtung Meer drängt und am Rand abbricht. Schelfeis schmilzt von unten, wenn sich das Meerwasser nur um 0,5 °C erwärmt. Am äußersten Rand des Schelfeises brechen Eisberge ab. Abschließend wird die Frage geklärt, ob schwimmende Eisberge zum Anstieg des globalen Meeresspiegels beitragen.

2. Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs

Leicht ansteigendes Wasser an der Küste verleitet zu der falschen Annahme, Überflutungen gäbe es nur in Ausnahmefällen. Live-Aufnahmen von schweren Überschwemmungen in New York beweisen das Gegenteil. Ein Meereskundler erklärt an einem Wellenkanal die zerstörerischen Wirkungen von Wellen bei höheren Wasserständen. Animierte Szenen bringen dem Betrachter nahe, mit welchen Folgen 140 Millionenstädte bei einem weiteren starken Meeresspiegelanstieg zu rechnen hätten. Am Beispiel von Indonesiens Hauptstadt Jakarta werden die Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs für die Infrastruktur deutlich. Ein Forscher in Jakarta nennt als Grund die Landsenkung wegen der andauernden Grundwasserentnahme. Eine Animation macht deutlich, welche bekannten Küstenstädte allein in den Industrieländern bei einem zu erwartenden Meeresspiegelanstieg aufgegeben werden müssten.

3. Gegenmaßnahmen zum Schutz überflutungsgefährdeter Gebiete

In Jakarta soll eine Küstenschutzmauer die Millionenstadt vor Überflutungen bewahren. Da der Schutz aber nicht gewährleistet ist, plant die Regierung die Verlegung der Hauptstadt auf die Insel Kalimantan. Venedig setzt auf ein Sperrwerk aus Fluttorren. Die Sprecherin für die Unternehmen, die Venedig retten sollen, verweist auf die prognostizierten Zahlen des Weltklimarates. Die Niederlande wappnen sich mit dem größten Sturmflutsperrwerk der Welt, dem Maeslant-Sperrwerk, gegen den drohenden Meeresspiegelanstieg. An der deutschen Nordseeküste soll die Deichhöhe der neuen Klimadeiche bis zum Jahr 2100 reichen.

Zusammenfassung und Ausblick

Schmelzendes Eis und überflutete Küstenpromenaden veranschaulichen die zunehmende Erderwärmung. Wie können wir den Anstieg des Meeresspiegels aufhalten?

Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Vorarbeit der Lehrkraft	Die Sichtung des Films vor Unterrichtsbeginn ist unerlässlich. Die Beobachtungs-/Arbeitsaufträge sollten vorher kopiert werden. Sie zu diktieren wäre eine Alternative. Die Lerngruppen können sie auch von der Tafel, dem White- oder Touchboard abschreiben.
Methodisch-didaktische Vorüberlegungen	Für die Erarbeitung bieten sich zwei Möglichkeiten an: a) Die Lehrkraft setzt den Film ein, ohne das Thema vorher bekannt zu geben. b) Die Schülerinnen und Schüler führen drei Experimente durch: Experiment 1: Ein Glas Wasser wird mit 1 bis 2 Eiswürfeln gefüllt. • Der Wasserstand ändert sich nicht nach dem Abschmelzen. Experiment 2: Einem Glas Wasser werden ein Teelöffel Salz und anschließend einige Eiswürfel beigegeben. • Das abschmelzende Eis bringt das Wasser zum Überlaufen. Experiment 3: Wasser wird in einem hitzebeständigen Glas von unten erwärmt (Herdplatte, Bunsenbrenner). • Das erwärmte Wasser dehnt sich aus.
Verteilung der Beobachtungs- und Arbeitsaufträge	Die Lehrkraft teilt die Klasse/Lerngruppe ein und verteilt die Beobachtungsaufträge für die Filmbetrachtung (Kopiervorlage S. 16). 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 gemeinsam den Film 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, am Whiteboard oder dem Touchboard zusammen (Ergebnissicherung siehe S. 9). 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 von Arbeitsblättern, die auf dem DVD-ROM-Teil vorliegen.
Transfer	In einer weiterführenden Unterrichtsphase diskutieren die Schülerinnen und Schüler über Auswirkungen und Bekämpfung des Treibhauseffektes.

► **Anregungen zur Arbeit mit der gesamten WBF-DVD** siehe Seite 14

Arbeitsaufträge, mögliche Antworten der Schülerinnen und Schüler

Abhängig von der Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler (Erfahrung mit Gruppenarbeit) und der Sachkompetenz können die Arbeitsaufträge auch geschlossen an den Klassenverband/die Lerngruppe verteilt werden. Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind die Aufgaben in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

leicht, mittel und schwer.

Erste Lerngruppe (linke Seite): Ursachen des Meeresspiegelanstiegs

1. **Nenne die im Unterrichtsfilm gezeigten ersten drei Ursachen für den Anstieg des Meeresspiegels.**
- ⇒ a) Stürme haben zugenommen und drücken die Wassermassen gegen die Küsten. So geht Land verloren.
b) Strömungen verstärken den Effekt.
c) Da die Lufttemperatur steigt, erwärmen sich auch die Meere. Sie dehnen sich aus und der Meeresspiegel steigt.
2. **Nenne die Teile der Erde, die auch von der Erderwärmung betroffen sind.**
- ⇒ Es sind die mächtigen Eismassen auf den Landflächen und die Gletscher.
3. **Fasse die Informationen über Grönland zusammen.**
- ⇒ Das Eis bedeckt 1,8 Mio. km². Das ist fast vier Mal so viel wie die Fläche von Deutschland, Österreich und der Schweiz zusammen. Seit einigen Jahren verliert Grönland große Mengen Eis ans Meer. Der weltweite Meeresspiegel steigt deswegen um 0,7 mm im Jahr. Ein völliges Abschmelzen würde den Meeresspiegel um sieben Meter heben.
4. **Erläutere, wie sich die Erwärmung auf die Eisdicke auswirkt.**
- ⇒ Der Eisschild wird niedriger. Je mehr das Eis schmilzt, desto niedriger wird der Eisschild, desto mehr schmilzt das Eis. Der Forscher spricht von Feedback.

Erste Lerngruppe (rechte Seite): Ursachen des Meeresspiegelanstiegs

1. **Erkläre den Zusammenhang zwischen Eisfläche und Sonnenlicht.**
- ⇒ Eine weiße Eis- bzw. Schneeoberfläche reflektiert viel Sonnenlicht. Wenn der Schnee altert und die Oberfläche dunkler wird, sind es nur noch 40 % des Sonnenlichtes, das reflektiert wird. Der Rest wird absorbiert. Es wird wärmer.
2. **Fasse die Informationen über die Antarktis zusammen.**
- ⇒ Die Eisfläche ist fast sieben Mal größer als die von Grönland. Mit dem Meeresspiegelanstieg hätte die Antarktis nichts zu tun, glaubten die Klimaforscher. In nur sechs Jahren hat sich der Eisverlust verdoppelt. Das Antarktiseis enthält genügend Wasser, um den Meeresspiegel um 58 Meter ansteigen zu lassen.
3. **Berichte über den Teil des Eispanzers, der ins Meer ragt.**
- ⇒ Es handelt sich um Schelfeis. Wenn sich das Meer nur um 0,5 °C erwärmt, schmilzt das Schelfeis von unten. Es bricht an den Kanten. Am äußersten Rand brechen Eisberge ab. Abgebrochenes Schelfeis stützt das Inlandeis nicht mehr.

⊙ 4. **Begründe, ob der Meeresspiegel steigt, wenn ein Eisberg schmilzt.**

- ⇒ Meerwasser ist salzhaltig. Salzwasser ist schwerer als Süßwasser. Eisberge bestehen aus gefrorenem Süßwasser. Süßwasser schwimmt oben, weil es leichter ist als Salzwasser. Schmilzt ein Eisberg, steigt der Meeresspiegel.

Zweite Lerngruppe: Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs

○ 1. **Beschreibe die Ereignisse, die zu falschen Schlussfolgerungen führen.**

- ⇒ Wasser läuft langsam auf eine feste Uferböschung. Ein Kleinlaster fährt auf einer überspülten Straße. Wellen rollen auf die Küste zu, ohne dass sich die Küste verändert. Schlussfolgerung: Es wird schon nicht so schlimm kommen.

○ 2. **Nenne die Vorwarnungen, die auf einen Meeresspiegelanstieg hinweisen.**

- ⇒ Orkanartige Stürme nehmen zu. Eine Flutwelle sucht New York heim und richtet großen Schaden an. Menschen müssen aus tiefer gelegenen Gebieten evakuiert werden.

⊙ 3. **Erläutere die Wirkung von Wellen bei höheren Wasserständen.**

- ⇒ Wenn der Meeresspiegel ansteigt, brechen die Wellen nicht mehr weit vor dem Deich, sondern laufen bis auf den Deich. Die Wellen brechen später und schlagen mit viel größerer Wucht auf die Küste.

○ 4. **Nenne die kritische Grenze für Küstenstädte, die Zahl bedrohter Städte und die Zahl der betroffenen Menschen.**

- ⇒ Die kritische Grenze liegt bei einem Meter Meeresspiegelanstieg. 140 Millionenstädte wären weltweit bedroht, 400 Millionen Menschen müssten dem Wasser weichen.

● 5. **Begründe die Feststellung: „Das Meer steigt, weil das Land sinkt.“**

- ⇒ Ein Fünftel von Jakarta, der Hauptstadt Indonesiens, liegt unter dem Meeresspiegel. Hausbauer graben Brunnen unter dem Haus und entnehmen Grundwasser. Der Sand unter dem Haus verliert an Volumen. Das Land sinkt.

⊙ 6. **Zähle die Städte in den Industrieländern auf, die es hart treffen würde.**

- ⇒ Steigt der Meeresspiegel, sind folgende Städte in den Industrieländern besonders betroffen: Amsterdam, Venedig, New York, Hamburg, St. Petersburg, San Francisco, New Orleans, London, Shanghai, Edinburgh, Taipei.

Dritte Lerngruppe: Gegenmaßnahmen zum Schutz überflutungsgefährdeter Gebiete

⊙ 1. **Nenne die Schutzmaßnahme in Jakarta und erörtere die Wirkung.**

- ⇒ Eine Küstenmauer soll die 30 Millionen Einwohner schützen. Wenn die Mauer nicht standhält, fließt das Wasser mehrere Kilometer in die Stadt. Da auch ein 40 km langer Deich nicht gebaut wird, plant die Regierung die Verlegung der Hauptstadt auf die Insel Kalimantan.

○ 2. **Beschreibe die Schutzmaßnahme in Venedig.**

- ⇒ Fluttore füllen sich bei Sturmflut mit Luft. Sie steigen auf und verschließen die Lagune.

⊙ 3. Diskutiert, ob das Sperrwerk in Venedig seine Aufgabe erfüllen kann.

⇒ Die Fertigstellung hat sich immer wieder verzögert. Jetzt könnte das Sperrwerk zu niedrig sein. In den 1990er-Jahren wurde von einem Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100 von 60 cm ausgegangen. Nun gehen die Klimaforscher von einem Meter aus. Wenn der Meeresspiegel wirklich höher als angenommen steigt, muss komplett neu gedacht werden, so die Sprecherin für die Unternehmen, die Venedig retten sollen.

○ 4. Schildere die Gegenmaßnahme in den Niederlanden.

⇒ Beim größten Sturmflutsperrwerk der Welt, dem Maeslant-Sperrwerk, schließen sich die Arme automatisch bei einer Wasserhöhe von mehr als drei Metern. Damit sind 2 Mio. Menschen und der Hafen von Rotterdam geschützt. Der höchste Wasserstand, der abgewehrt werden kann, liegt bei fünf Metern.

○ 5. Berichte über die Schutzmaßnahmen an der deutschen Nordseeküste.

⇒ Im Norden Deutschlands leben mehr als 3 Mio. Menschen in überflutunggefährdeten Gebieten. Die Deichhöhe der „Klimadeiche“ soll bis zum Jahr 2100 reichen. Bei einem stärkeren Meeresspiegelanstieg kann eine zusätzliche Deichkappe aufgesetzt werden.

● 6. Begründe, wofür du dich entscheiden würdest: „Den Küstenschutz fortsetzen oder das Land dem Meer überlassen“?

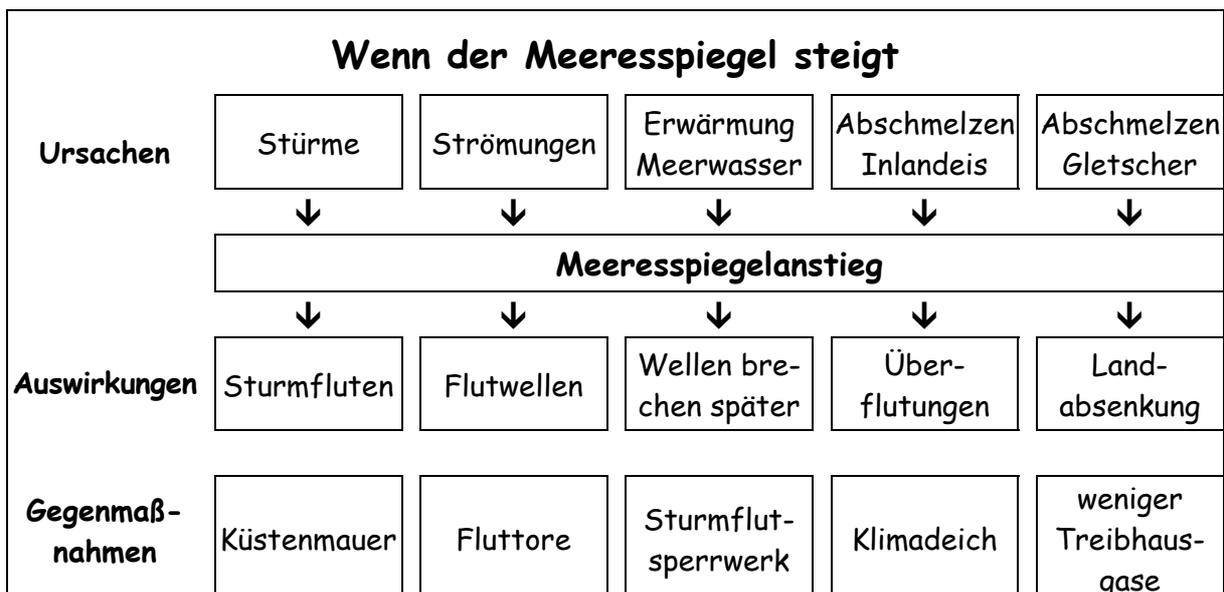
⇒ Individuelle Bearbeitung oder Gruppenarbeit mit zwei Parteien und einem Schiedsgremium; Hintergrund: Es gibt keinen Schutz, der ewig hält.

Alle Lerngruppen: Wie können wir den Anstieg des Meeresspiegels aufhalten?

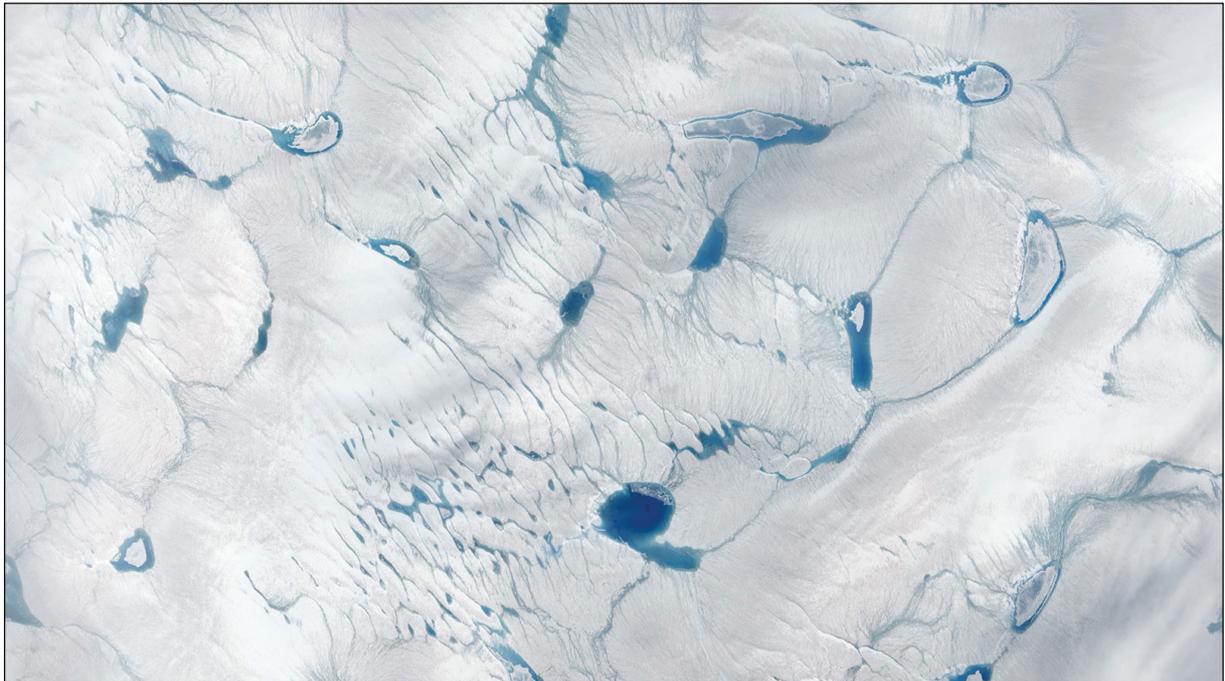
Stichworte: Klimawandel, Erderwärmung, Temperaturerhöhung, Treibhauseffekt, Treibhausgase, gefährdete Küstenstädte und tief gelegene Inseln besonders in Entwicklungs- und Schwellenländern

⇒ Partnerarbeit/Gruppenarbeit, Erstellung einer mental map

Ergebnissicherung



Ergänzende Informationen



Schmelzwasserseen auf Grönlands südwestlichem Eisschild, aufgenommen von einem NASA-Satelliten 2016; Credits: NASA Goddard Space Flight Center

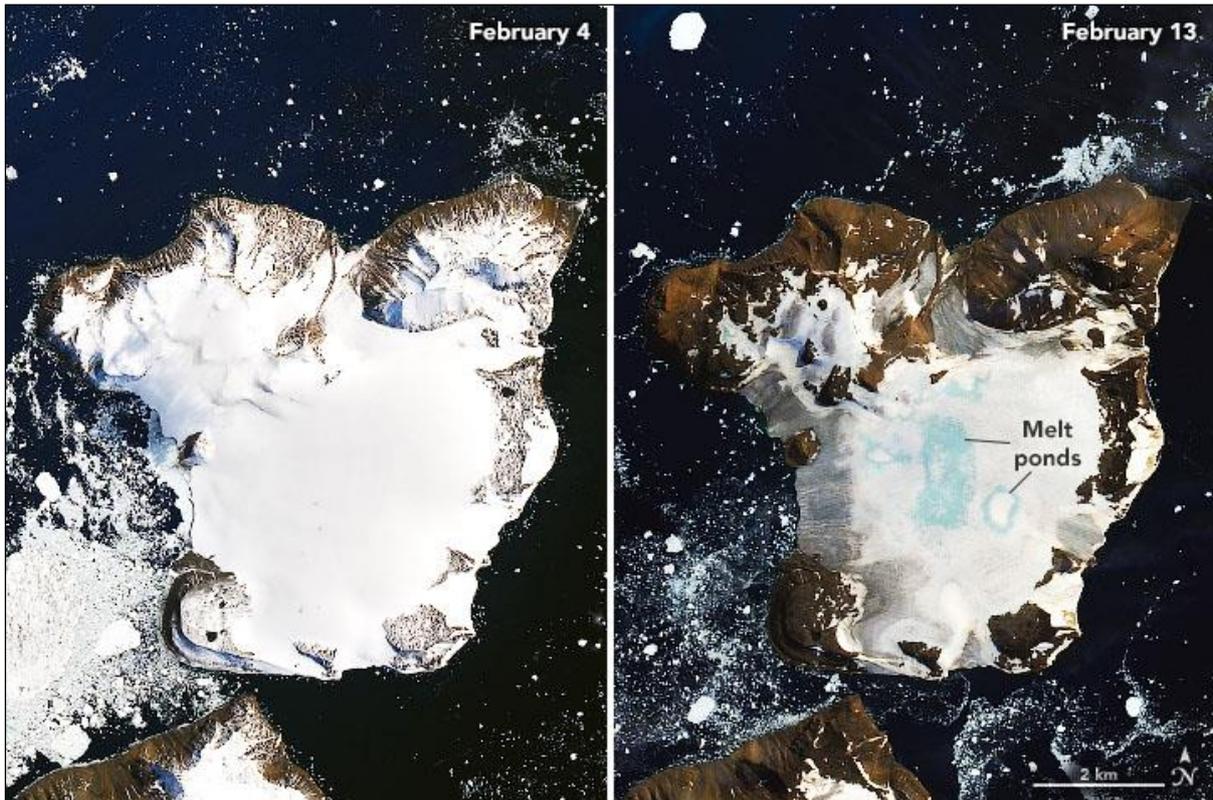
Das resultierende Schmelzwasser erhöhte den globalen Meeresspiegel um 17,8 Millimeter. Zusammen sind die schmelzenden polaren Eisplatten für ein Drittel des gesamten Anstiegs des Meeresspiegels verantwortlich. Von diesem Anstieg des gesamten Meeresspiegels resultierten 60 % aus dem Eisverlust Grönlands und 40 % aus dem der Antarktis.

Das IPCC prognostizierte in seinem 2014 veröffentlichten Fünften Bewertungsbericht, dass der globale Meeresspiegel bis 2100 um 71 Zentimeter ansteigen würde. Die Studien des Intercomparison Exercise-Teams der Ice Sheet Mass Balance zeigen, dass der Eisverlust in der Antarktis und in Grönland mit dem Worst-Case-Szenario des IPCC einhergeht. Die kombinierten Verluste beider Eisschilde erreichten 2010 einen Höchststand von 552 Milliarden Tonnen pro Jahr und für den Rest des Jahrzehnts durchschnittlich 475 Milliarden Tonnen pro Jahr.

Der Spitzenverlust fiel mit mehreren Jahren intensiven Oberflächenschmelzens in Grönland zusammen und die arktische Hitzewelle im letzten Sommer bedeutet, dass 2019 wahrscheinlich einen neuen Rekord für den Verlust der polaren Eisdecke aufstellen wird, aber weitere Analysen sind erforderlich. IPCC-Projektionen deuten darauf hin, dass der daraus resultierende Anstieg des Meeresspiegels bis zum Ende des Jahrhunderts 400 Millionen Menschen einem jährlichen Hochwasser an der Küste aussetzen könnte.

Was den Eisverlust betrifft, werden die Auslassgletscher der Antarktis vom Ozean geschmolzen, wodurch sie schneller werden. Während dies den größten Teil des Eisverlusts in der Antarktis ausmacht, macht es die Hälfte des Eisverlusts in Grönland aus. Der Rest wird durch steigende Lufttemperaturen verursacht, die die Oberfläche der Eisdecke zum Schmelzen bringen.

<https://www.nasa.gov/feature/jpl/greenland-antarctica-melting-six-times-faster-than-in-the-1990s>
Google-Übersetzung aus dem Amerikanischen



Eisschmelze in der Antarktis im Februar 2020 NASA earth observatory

Am 6. Februar 2020 verzeichneten Wetterstationen die heißeste Temperatur in der Antarktis. Die Thermometer an der Esperanza-Basis an der Nordspitze der Antarktischen Halbinsel erreichten $18,3\text{ °C}$ - ungefähr die gleiche Temperatur wie an diesem Tag in Los Angeles. Die Warmperiode verursachte ein weitverbreitetes Schmelzen auf nahe gelegenen Gletschern.

Die warmen Temperaturen im Februar 2020 wurden durch eine Kombination meteorologischer Elemente verursacht. Anfang des Monats befand sich über Kap Hoorn ein Hochdruckkamm, auf dem sich warme Temperaturen aufbauen konnten. Typischerweise ist die Halbinsel durch die Westwinde der südlichen Hemisphäre, ein Band starker Winde, die den Kontinent umkreisen, vor warmen Luftmassen geschützt. Die Westwinde befanden sich jedoch in einem geschwächten Zustand, wodurch die außertropische warme Luft das Südpolarmeer überqueren und die Eisdcke erreichen konnte. Die Meeresoberflächentemperaturen in der Region waren ebenfalls um etwa $2\text{-}3\text{ °C}$ überdurchschnittlich hoch.

Auch trockene, warme Föhnwinde hätten eine Rolle spielen können. Föhnwinde sind starke, böige Winde, die in den Bergen Windstürme verursachen und oft warme Luft mit sich bringen. Im Februar 2020 strömten Westwinde in die Kordilleren der Antarktischen Halbinsel. Wenn solche Winde die Berge hinaufwandern, kühlt sich die Luft normalerweise ab und kondensiert unter Bildung von Regen- oder Schneewolken. Wenn dieser Wasserdampf zu flüssigem Wasser oder Eis kondensiert, wird Wärme an die Umgebungsluft abgegeben. Diese warme, trockene Luft bewegt sich auf der anderen Seite der Berge bergab und bringt Teile der Halbinsel in Hitze. Die trockenere Luft bedeutet weniger tief liegende Wolken und möglicherweise mehr direktes Sonnenlicht östlich des Gebirges.

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/146322/antarctica-melts-under-its-hottest-days-on-record>
 Google-Übersetzung aus dem Amerikanischen

Definitionen zum Meeresspiegel

Absoluter Meeresspiegel: Satellitengestützte Messverfahren beziehen sich auf den Erdmittelpunkt. Es werden die absoluten Veränderungen des Meeresspiegels im Verhältnis zum Erdmittelpunkt bestimmt. Veränderungen des absoluten Meeresspiegels erfolgen durch Erwärmung des Meerwassers oder durch das Abschmelzen von Eis auf dem Festland.

Relativer Meeresspiegel: Damit ist vereinfacht die Höhe über dem Meeresgrund gemeint. Der relative Meeresspiegel wird durch den Anstieg der Meeresoberfläche beeinflusst. Weitere Faktoren sind Hebung oder Senkung des Meeresbodens und der Küsten.

Mittlerer Meeresspiegel: Er wird häufig als nationale Bezugsgröße für Höhenangaben (Meereshöhe) an Land verwendet. Der mittlere Wasserstand (MW) ist das arithmetische Mittel aller Wasserstände über einen bestimmten Zeitraum.

Globaler Meeresspiegel: Der weltweite durchschnittliche Meeresspiegel ergibt sich aus dem Stand der Meeresoberfläche im Verhältnis zur Küste. Dieser Wert zeigt den menschengemachten Klimawandel an.

Regionaler Meeresspiegel: Einflussfaktoren sind Anheben oder Absinken von Land sowie Änderungen von Wind- und Meeresströmungen.

Lokaler Meeresspiegel: Sich verlagernde oberflächennahe Winde, die Ausdehnung des sich erwärmenden Ozeanwassers und Zufuhr von Schmelzwasser können Ozeanströmungen verändern, die ihrerseits wiederum zu Veränderungen des Meeresspiegels führen, die sich von Ort zu Ort unterscheiden.

Momentaner Meeresspiegel: Er wird beeinflusst von Gezeiten, Wind, Wellen, Strömungen und Salzgehalt.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Meeresspiegel>;

https://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Regionaler_Meeresspiegelanstieg;

<https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/klimafaq-13-1.html>

Übersicht über die Materialien

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

1. Ursachen des Meeresspiegelanstiegs

Filmsequenz (5:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

1.1 Wodurch wird der Meeresspiegelanstieg beeinflusst?

1.1.1	Filmclip: Früherer Meeresspiegelanstieg durch Erderwärmung (1:00)	F
1.1.2	Wenn ein Gletscher schmilzt	Fo/T
1.1.3	Grönlands Eispanzer schmilzt	Fo/T

1.1.4	Der Eisschild in der Antarktis schmilzt	Tt
1.1.5	Eisschwund von Schelfeis	Sch
1.1.6	Der Eis-Albedo-Effekt	Sch/T
1.1.7	Temperaturänderungen Ø 2011-2020 gegenüber Ø 1951-1980 in °C	K
1.1.8	Landsenkung	Sch
1.1.9	Arbeitsblatt: Hauptverursacher für den Meeresspiegelanstieg 2006-2015	A
1.1.10	Arbeitsblatt: Die größten Gletscher der Welt	A/☺

2. Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs Filmsequenz (4:10 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

2.1 Welche Auswirkungen hat der Meeresspiegelanstieg für die Küsten?

2.1.1	Filmclip: Überflutung der New Yorker U-Bahn (0:35)	F
2.1.2	Anstieg der Extremwasserstände (Wellen, Sturmfluten)	Sch
2.1.3	Meeresspiegelanstieg 2000 bis 2100	D
2.1.4	Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten	Sch
2.1.5	Europas gefährdete Küsten	K
2.1.6	Durch den Meeresspiegelanstieg bedrohte Bevölkerung im Jahr 2030	K
2.1.7	Abwanderung der Nordseefische	Fo/T
2.1.8	Arbeitsblatt: Auswirkung des Klimawandels - Fließdiagramm	A
2.1.9	Arbeitsblatt: Folgen des Meeresspiegelanstiegs	A
2.1.10	Arbeitsblatt: Durch den Meeresspiegelanstieg gefährdete Städte	A/☺

3. Gegenmaßnahmen zum Schutz überflutungsgefährdeter Gebiete Filmsequenz (4:45 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM

3.1 Wie sollen wir uns gegen das Meer verteidigen?

3.1.1	Filmclip: Schutzmauern für New York? (0:55)	F
3.1.2	Sperrwerk für Venedig	Sch/T
3.1.3	Sperrwerk in den Niederlanden	Fo/T
3.1.4	Schutzmauer in Jakarta, Indonesiens Hauptstadt	Fo/T
3.1.5	Deiche weiter erhöhen oder Land aufgeben?	Tt
3.1.6	Klimadeiche in Norddeutschland	Tt
3.1.7	Deichverstärkung an der Nordseeküste	Sch
3.1.8	Arbeitsblatt: Maßnahmen gegen den Meeresspiegelanstieg - Stichworte	A
3.1.9	Arbeitsblatt: Küstenschutzmaßnahmen in Deutschland	A/☺
3.1.10	Arbeitsblatt: Anpassungsmöglichkeiten für Küstenstädte	A/☺

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 ist sehr umfangreich; es besteht aus Filmsequenzen, Filmclips, Fotos, Karten, Texttafeln, Schaubildern und Diagrammen.
- 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. Zusätzlich ermöglichen **vier interaktive Arbeitsblätter** die Ergebnissicherung am Computer (siehe Seite 3).

Anregungen für den Unterricht: Einsatz der gesamten WBF-DVD

1. Möglichkeit: handlungsorientierte Bearbeitung, Lenkung durch die Lehrkraft

Nach Verteilung der Beobachtungs- und Arbeitsaufträge (S. 16) führt die Lehrkraft den Unterrichtsfilm als Einheit vor. Die Auswertung erfolgt nach den Vorschlägen auf S. 7 ff. Anschließend werden Fragen zur vertiefenden Problematisierung gesammelt. Die Zuordnung ergibt sich aus der Struktur des Unterrichtsfilms mit den Schwerpunkten. Die Schülerinnen und Schüler werden in Gruppen eingeteilt. Für die *Gruppenarbeit* bietet sich an, die Materialien des **DVD-ROM-Teils** auszudrucken und den Gruppen zur freien Bearbeitung zur Verfügung zu stellen.

2. Möglichkeit: zielgerichtete Bearbeitung durch Vorgaben der Lehrkraft

Für eine Bearbeitung im *Klassenverband* strukturiert die Lehrkraft die Materialien vor. Zur Wiederholung bestimmter Themenaspekte kann die Lehrkraft die **Filmsequenzen** zu den Schwerpunkten der WBF-DVD einzeln anwählen. Die **Arbeitsaufträge** (siehe Menüpunkt „Arbeitsaufträge“ auf dem DVD-ROM-Teil) erleichtern die Erschließung der Materialien. Zur Ergebnissicherung werden für alle Problemstellungen **Arbeitsblätter** angeboten. Für die Lehrkraft liegen die Lösungen vor.

3. Möglichkeit: selbstständige Bearbeitung durch die Lerngruppen am Computer

Die Klasse/Lerngruppe 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, 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: selbstorganisiertes Lernen (SOL) und selbstständige Projektarbeit

SOL: Nach der Erarbeitung des *Advance Organizer* erleichtert die Struktur der WBF-DVD eine **eigenverantwortliche Wissensverarbeitung** und **-vermittlung in den Stamm- und Expertengruppen**. Die Konzeption der Arbeitsmaterialien und Arbeitsblätter berücksichtigt den Wechsel zwischen Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit.

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

Vorschlag für eine Unterrichtseinheit mit den DVD-Materialien

Thema der Unterrichtseinheit: Klimawandel – globale Erwärmung

Thema der Unterrichtsstunde: Ursachen und Folgen des Meeresspiegelanstiegs

Die unten aufgeführten Materialien finden Sie bereits zusammengestellt im Dokument „Vorschlag für eine Unterrichtseinheit“ in der Infothek auf dem DVD-ROM-Teil.

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler	Unterrichtsphase	Unterrichtsinhalte	Arbeitsauftrag ○ leicht ☉ mittel ● schwer	Sozialform	Medien	Material
werten eine thematische Karte aus,	Einstieg	Temperaturänderungen	○ Beschreibe die Karte. Werte die Temperaturänderung der Ozeane aus.	GA	Karte	1.1.7
analysieren den Inhalt einer Karte,	Problematisierung	Europas gefährdete Küsten	● Bewerte den dargestellten Inhalt. Berücksichtige die Karte „Temperaturänderungen“.	PA	Karte	2.1.5
wenden Ergebnisse einer Karte auf ein Schaubild an,	Erarbeitung	Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten	● Erläutere, wie sich die Erhöhung des Meeresspiegels auswirkt.	PA	Schaubild	2.1.4
werten Foto und Text sowie Texttafel aus	Information	Grönlands Eispanzer, der Eisschild in der Antarktis	☉ Nenne Einzelheiten der Eisbedeckung auf Grönland und in der Antarktis.	PA	Foto/ Text Texttafel	1.1.3 1.1.4
erläutern ein Schaubild,	Erarbeitung	Der Eis-Albedo-Effekt	☉ Erläutere die Auswirkungen der Sonnenstrahlung auf die Schneedecke.	PA	Schaubild/Text	1.1.6
erstellen ein Diagramm und werten es aus,	Ergebnissicherung	Hauptverursacher für den Meeresspiegelanstieg	☉ Erstelle ein Diagramm und verfasse einen Kurzbericht.	EA	Arbeitsblatt	1.1.9
überprüfen ihr Wissen.	Ergebnissicherung	Auswirkungen des Klimawandels	☉ Fertige ein Fließdiagramm mit den angeführten Aussagen an.	EA	Arbeitsblatt	2.1.8

Kopiervorlage: Beobachtungs- und Arbeitsaufträge zum Unterrichtsfilm

leicht mittel schwer

Erste Lerngruppe (linke Seite): Ursachen des Meeresspiegelanstiegs

- 1. Nenne die im Unterrichtsfilm gezeigten ersten drei Ursachen für den Anstieg des Meeresspiegels.
- 2. Nenne die Teile der Erde, die auch von der Erderwärmung betroffen sind.
- 3. Fasse die Informationen über Grönland zusammen.
- 4. Erläutere, wie sich die Erwärmung auf die Eisdicke auswirkt.

Erste Lerngruppe (rechte Seite): Ursachen des Meeresspiegelanstiegs

- 1. Erkläre den Zusammenhang zwischen Eisfläche und Sonnenlicht.
- 2. Fasse die Informationen über die Antarktis zusammen.
- 3. Berichte über den Teil des Eispanzers, der ins Meer ragt.
- 4. Begründe, ob der Meeresspiegel steigt, wenn ein Eisberg schmilzt.

Zweite Lerngruppe: Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs

- 1. Beschreibe die Ereignisse, die zu falschen Schlussfolgerungen führen.
- 2. Nenne die Vorwarnungen, die auf einen Meeresspiegelanstieg hinweisen.
- 3. Erläutere die Wirkung von Wellen bei höheren Wasserständen.
- 4. Nenne die kritische Grenze für Küstenstädte, die Zahl bedrohter Städte und die Zahl der betroffenen Menschen.
- 5. Begründe die Feststellung: „Das Meer steigt, weil das Land sinkt.“
- 6. Zähle die Städte in den Industrieländern auf, die es hart treffen würde.

Dritte Lerngruppe: Gegenmaßnahmen zum Schutz überflutungsgefährdeter Gebiete

- 1. Nenne die Schutzmaßnahme in Jakarta und erörtere die Wirkung.
- 2. Beschreibe die Schutzmaßnahme in Venedig.
- 3. Diskutiert, ob das Sperrwerk in Venedig seine Aufgabe erfüllen kann.
- 4. Schildere die Gegenmaßnahme in den Niederlanden.
- 5. Berichte über die Schutzmaßnahmen an der deutschen Nordseeküste.
- 6. Begründe, wofür du dich entscheiden würdest: „Den Küstenschutz fortsetzen oder das Land dem Meer überlassen“?

Alle Lerngruppen: Wie können wir den Anstieg des Meeresspiegels aufhalten?

Gestaltung:

Peter Fischer, Oelixdorf (auch Unterrichtsblatt)

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

Schnitt: Virginia von Zahn, 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

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