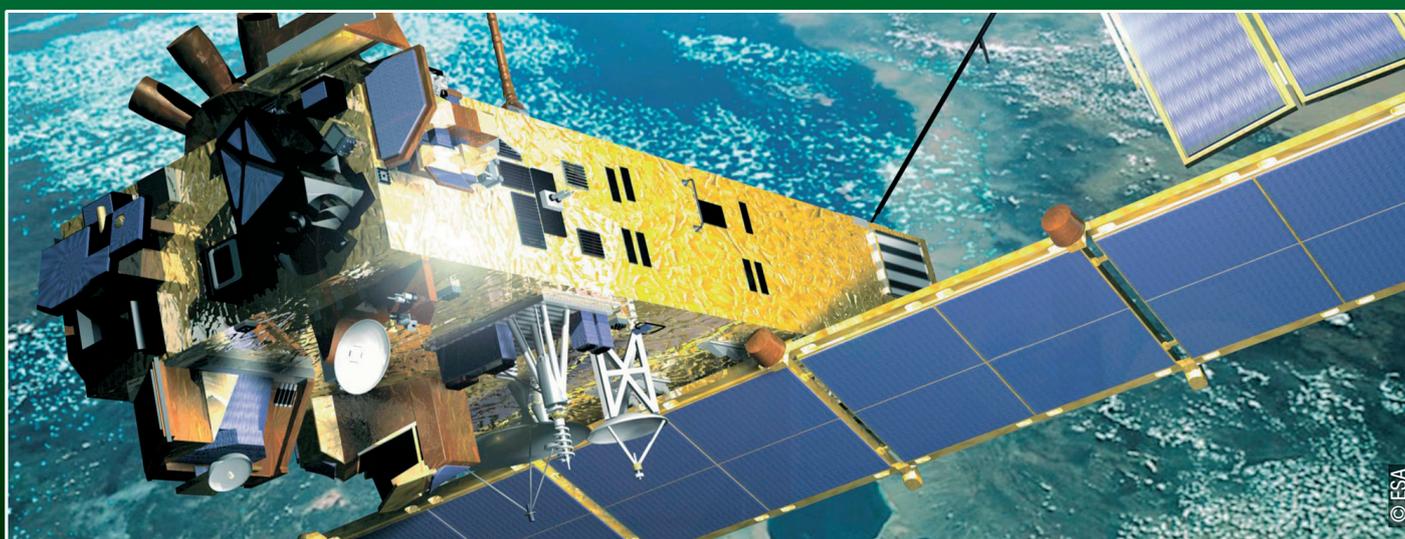


→ ***Erdbeobachtung und Fernerkundung
Begleitmaterial***





Die Europäische Weltraumorganisation

Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) ist eine internationale Organisation mit der Aufgabe, das europäische Weltraumprogramm zu konzipieren und umzusetzen.

Die ESA entwickelt Raumfahrzeugträger, Satelliten und Bodenanlagen, um sicherzustellen, dass Europa bei Raumfahrtvorhaben weltweit weiterhin an der Spitze bleibt. Sie startet Erdbeobachtungs-, Navigations-, Telekommunikations- und Astronomiesatelliten, schickt Raumsonden in entlegene Regionen des Sonnensystems und beteiligt sich an der bemannten Exploration des Weltraums.

Die 18 Mitgliedsstaaten der ESA sind: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, die Schweiz, Spanien und die Tschechische Republik. An bestimmten Projekten arbeitet im Rahmen entsprechender Kooperationsverträge auch Kanada mit. Estland, Polen, Rumänien und Ungarn sind Europäische Kooperierende Staaten (ECS). Zudem pflegt die ESA enge Beziehungen zur Europäischen Union, mit der sie eine gemeinsame Europäische Raumfahrtpolitik verfolgt.

Heute beschäftigt die ESA über 2.000 ständige Mitarbeiter aus allen Mitgliedstaaten.

Die ESA hat ihren Hauptsitz in Paris. Darüber hinaus hat sie jedoch in ganz Europa weitere Zentren mit jeweils verschiedenen Aufgabenbereichen: das Europäische Weltraumforschungs- und -technologiezentrum ESTEC (European Space Research and Technology Centre) in den Niederlanden; das Europäische Raumfahrtforschungsinstitut ESRI (European Space Research Institute) in Frascati in Italien; das Europäische Raumflugkontrollzentrum ESOC (European Space Operations Centre) in Darmstadt in Deutschland; das Europäische Astronautenzentrum EAC (European Astronaut Centre) in Köln in Deutschland und das Europäische Weltraum-Astronomiezentrum ESAC (European Space Astronomy Centre) in Villafranca del Castillo in Spanien. Der europäische Raumflughafen CSG (Guiana Space Centre) befindet sich in Kourou in Französisch-Guayana.



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Sonnensystem, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandorts Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.

Für die Inhalte der in dieser Broschüre aufgeführten Internetseiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber verantwortlich.

Kapitel 1: Erdbeobachtung

Kapitel 1 bildet gemeinsam mit Kapitel 2 (Satellitentechnik) die Grundlage zum Verständnis der weiteren Kapitel. Sie vermitteln einen Überblick über unterschiedliche Anwendungsgebiete satellitengestützter Erdbeobachtung sowie über die technische Funktionsweise von Satelliten und die damit verbundenen Möglichkeiten der Erdbeobachtung. Entsprechende Detailinformationen werden bei Bedarf in den Folgekapiteln ergänzt. Grundsätzlich finden Sie wichtige Schulinformationen der ESA zum Thema Fernerkundung unter www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_DE/index.html

Der Aufbau von Kapitel 1 im Überblick:

- 1) Wir alle nutzen Satelliten häufiger, als wir glauben
- 2) Wie leistungsfähig sind Satelliten?
- 3) Wichtige Beispiele für die Nutzung von Erdbeobachtungssatelliten

zu 1 – Satelliten sind „All“-gegenwärtig

Hunderte Satelliten umkreisen unsere Erde. Von ihren Diensten profitieren wir alle im täglichen Leben. Dabei erfüllen Satelliten ganz unterschiedliche Aufgaben: Kommunikations- und Nachrichtensatelliten übertragen Daten von einem Ort zum anderen. Ohne sie wäre moderne Telekommunikation ebenso undenkbar wie ein flächendeckendes Internet oder Live-Übertragungen im Fernsehen. Navigationssatelliten erleichtern es uns, den Weg zum Ziel zu finden – im Straßenverkehr wie auch in der Luftfahrt und auf See. Militärische Satelliten dienen vor allem der Beschaffung von Information, die zur Entscheidungsfindung in der nationalen Sicherheitspolitik unerlässlich sind.

Der Nutzen von Erdbeobachtungssatelliten ist für die gesamte Weltbevölkerung von großer Wichtigkeit. Diese vielfältigen Anwendungen behandelt die vorliegende Schulinformation. Kapitel 1 geht beispielhaft auf die Themen ein, die in den Folgekapiteln ausführlich behandelt werden: Klimaforschung, Umweltbeobachtung, Katastrophen-Prävention und Landwirtschaft.

zu 2 – Leistungsfähigkeit von Satelliten

In der Beobachtung der Erde vereinen Satelliten zwei wesentliche Vorteile: Dank ihrer Position weit über der Erdoberfläche können sie überaus große Gebiete „im Auge“ behalten. Dieser globale Blick wird ergänzt durch regionale und sogar lokale Untersuchungen: Ihre Sensoren und Kameras erlauben spektakuläre Vergrößerungen einzelner Ausschnitte der von ihnen beobachteten Fläche. Maximale Auflösungen, also die „Größe“ einzelner wiedergegebener Bildpunkte, erreichen bereits wenige Zentimeter.

An dieser Stelle ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass die eigentliche „Qualität“ der von Satelliten übermittelten Daten – neben der Güte der eingesetzten Sensoren – stets auch von der Bildverarbeitung und -interpretation abhängt. Die Daten müssen oft mit weiteren Informationen kombiniert werden, die entweder am Boden oder von anderen Satelliten gewonnen wurden: Erfahrungswerte, Statistiken, Validationen oder ergänzende Bilddaten. Erst so entstehen mit Hilfe von Satelliten wirklich neue Informationen und Erkenntnisse.

zu 3 – Nutzungsbeispiele von Erdbeobachtungssatelliten

Die Veränderung des Klimas und die damit verbundenen Konsequenzen für das Leben auf der Erde sind auch für junge Menschen wichtige Themen. Einige von ihnen engagieren sich in Umweltverbänden, die meisten haben zumindest eine Meinung zum Thema Umwelt und dazu, welche politischen Konsequenzen zu ergreifen sind.

Ein bedeutender „Input“ für diesen Meinungsbildungsprozess stammt häufig von Satelliten – wie auch viele einprägsame und symbolträchtige Bilder, die den globalen Erwärmungsprozess oder die Verschmutzung des Planeten Erde darstellen: das wachsende Ozonloch, die schrumpfende Eisdecke der Polkappen oder Spuren von Müll- oder Öl-Verklappung auf den Ozeanen. Zugleich hilft die Erdbeobachtung durch Satelliten, Auswege und Lösungen für die durch den Klimawandel mit verursachten Probleme zu finden.

Mehr zum Thema:

Schulinformationsseite der europäischen Raumfahrtagentur ESA:

www.esa.int/eduspace

Berechnung und Prognose der Sichtbarkeit von Satelliten:

www.heavens-above.com

Weiterführende Aktivität:

Schüler erstellen eine Liste, in welchen Bereichen des täglichen Lebens und wie häufig sie – direkt oder indirekt – die Dienste von Satelliten nutzen. Referate könnten auch im Sinne eines kleinen „Gedanken-Experiments“ darstellen, wie ein Tag ohne Raumfahrt aussehen würde: kein Satellitenfernsehen, kein Wetterbild aus dem All, keine Navigation – mit den Konsequenzen z. B. für Luftverkehr und andere Abläufe auf der Erde.

Mehr zum Thema:

Webseite des deutschen Wetterdiensts mit Informationen über Leistungen rund um die Meteorologie: www.dwd.de

Homepage des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums:

www.dlr.de/caf/desktopdefault.aspx

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren, welche Informationen dem täglichen Wetterbericht zugrunde liegen, welchen Quellen sie entstammen und wie sie gewonnen wurden. Dabei ist zu beachten, dass in den Wetterbericht sowohl „historische“ als auch „prognostische“, also vorausschauende Informationen einfließen. Letztere können nicht von Satelliten kommen – woher aber stammen sie?

Erdbeobachtungssatelliten sind daher eine objektive „Referenz“ in der Debatte um jene Probleme, mit denen sich die Weltbevölkerung noch bis in weite Zukunft wird beschäftigen müssen. Sie sind die Werkzeuge, die es erlauben, sich eine wirklich fundierte Meinung zu bilden.

Mehr zum Thema:

Themenportal Erdbeobachtung der ESA:

www.esa.int/esaEO/index.html

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren selbstständig Bildinformationen (Satellitenbilder) zu den Themen bzw. Auswirkungen des Klimawandels, die ihnen am bedeutendsten erscheinen.

Kapitel 2: Eine Frage der Technik

Kapitel 2 beschreibt wesentliche technische Unterscheidungsmerkmale, nach denen sich Erdbeobachtungssatelliten kategorisieren lassen: einerseits deren Orbit, andererseits die technische Ausstattung, die unterschiedliche Beobachtungsmöglichkeiten bietet.

Der Aufbau von Kapitel 2 im Überblick:

- 1) Unterscheidung von polarer und geostationärer Umlaufbahn
- 2) Der Satellit ENVISAT als Musterbeispiel für die weitere Betrachtung
- 3) Drei wesentliche bildgebende Verfahren

zu 1 – Polare und geostationäre Umlaufbahn

Vielleicht haben einige Schüler sogar schon Erfahrungen mit dem Empfang von Satellitendaten gesammelt: dann nämlich, wenn sie zu Hause versucht haben, die Fernseh-Satellitenschüssel auszurichten. Das gängige Satellitensystem für die Übertragung von Fernsehdaten ist bei uns ASTRA. ASTRA-Satelliten haben – wie alle geostationären Satelliten – festgelegte Positionen (in Ausrichtung und Grad z. B. 28,2° Ost). Auch die von Fernsehanstalten bei Live-Events genutzten Übertragungsfahrzeuge müssen ihre „Schüsseln“ jeweils auf die geostationären Satelliten ausrichten, auf denen die Sender Übertragungskapazitäten angemietet haben. Ohne Satelliten gäbe es sonst keine Live-Bilder z. B. von großen Sportereignissen wie einer Fußball-Weltmeisterschaft.

In der Fernerkundung der Erde werden geostationäre Satelliten, die sich mit der Erdrotation im gleichen Tempo bewegen und daher immer dieselbe Region im Blick haben, vor allem zur Wetterbeobachtung eingesetzt. Denn schließlich soll ein europäischer Wettersatellit nicht plötzlich das Wetter von Australien zeigen.

zu 2 – ENVISAT

Um verschiedene bildgebende Verfahren zu beschreiben, konzentrieren wir uns auf den europäischen Umweltsatelliten ENVISAT. Er wurde 2002 als Nachfolger der Erdbeobachtungssatelliten ERS-1 und ERS-2 in Betrieb genommen und ist aus verschiedenen Gründen ein besonderer Satellit: Mit acht Tonnen Gewicht und bis zu zehn Meter Länge (inklusive Sonnensegel sogar bis zu 26 Meter) ist er außergewöhnlich groß und schwer. Das liegt daran, dass ENVISAT insgesamt zehn Instrumente besitzt, um unterschiedlichste Aufgaben erfüllen zu können: Seine Instrumente ermöglichen Messungen mit Radar-, Mikrowelle, Radiometrie, Spektrometrie und Laser.

In dieser Fülle liegen viele Chancen, jedoch auch nicht unerhebliche Risiken. Zunächst ist das hohe Gewicht ein Kostenfaktor beim Start. Außerdem ist das Verlustrisiko im Fall eines missglückten Starts sehr hoch. Nicht nur deshalb bleibt ENVISAT mit der Vielfalt seiner Möglichkeiten eine Ausnahme unter den Satelliten. Heutzutage sind vor allem kleinere Satelliten mit einem höheren Grad an Spezialisierung gefragt. Entsprechende Missionen lassen sich zudem auch kostengünstiger und schneller realisieren.

zu 3 – Bildgebende Verfahren an Bord von ENVISAT

Neben den drei in den Schülermaterialien erläuterten Instrumenten führt ENVISAT noch folgende weitere Instrumente mit sich:

RA-2 (Radar) sendet Signale in Richtung Erde und misst die Dauer bis zum Empfang des reflektierten Signals. Durch Abgleich mit der eigenen Flughöhe kann ein Höhenprofil der überflogenen Fläche erstellt werden.

MWR (Mikrowellen-Radiometer) misst die Feuchtigkeit der Erdatmosphäre und ist wichtig, um die Daten des RA-Bands zu verifizieren, dessen Messergebnisse stark von Feuchtigkeitsschwankungen abhängig sind.

AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer) erfasst die Oberflächentemperatur des Meers bis auf 0,3° genau. Über Land können die Messdaten zur Interpretation der Vegetation genutzt werden.

LRR (Laser Retro Reflector) reflektiert ein von der Bodenstation ausgesendetes Signal, aus dem sich die Flughöhe von ENVISAT errechnen lässt.

Polare Satelliten dagegen überfliegen die Erde auf einer niedrigeren Umlaufbahn. Unter ihnen dreht sich die Erde, sodass die Satellitenbahn bei jeder Umkreisung einen anderen Landstrich überfliegt. Aus den Einzelbildern dieser Überflüge lässt sich dann eine komplette Abbildung der Erdoberfläche zusammensetzen.

Mehr zum Thema:

Liste und Position geostationärer Satelliten:

de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_geostation%C3%A4ren_Satelliten

Weiterführende Aktivität:

Wie kommt das Bild von der Fußball-Weltmeisterschaft zu uns nach Hause? Um dies zu leisten, müssen TV-Satelliten geostationär positioniert sein. Schüler veranschaulichen sich dies mit Zeichnungen, Modellen und Berechnungen. Darüber hinaus überlegen sie, warum Wettersatelliten ebenfalls geostationär positioniert sein sollten. Dazu recherchieren sie Bilder von polaren und geostationären Satelliten und vergleichen diese.

Alle Systeme sind redundant, also doppelt angelegt. So kann einerseits ein Systemausfall kompensiert werden, andererseits können die Messungen gegenseitig verglichen und somit verifiziert werden.

Mehr zum Thema:

Informationsbroschüren zu ENVISAT (als PDF): DLR-Dokument (deutsch): www.dlr.de/rd/Portaldata/28/Resources/dokumente/RE/Broschuere_Envisat_hires.pdf

ESA-Dokument: esamultimedia.esa.int/docs/Envisat_Brochure_Ger.pdf

ENVISAT-Homepage: envisat.esa.int

Weiterführende Aktivität:

Schüler erstellen eine Bildergalerie mit ENVISAT-Bildern und präsentieren diese in einem Powerpoint-Vortrag.

(Bildquelle: <http://miravi.eo.esa.int/en/>)

DORIS (Doppler Orbitography and Radio-Positioning Integrated by Satellite) erhebt Messdaten zur Bahnbestimmung.

GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars) untersucht die Zusammensetzung der Atmosphäre und arbeitet mit Hilfe „klarer“ Sternenlichts als Referenz. GOMOS kommt vor allem bei der Beobachtung von Ozon, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden zum Einsatz.

MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding) ist als Spektrometer im Gegensatz zu MERIS ausschließlich zur Analyse der Atmosphäre im Einsatz und arbeitet im infraroten Wellenlängenbereich.

Mehr zum Thema:

Liste von Erdbeobachtungssatelliten:

de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Erdbeobachtungssatelliten

Lexikon zur Fernerkundung: www.fe-lexikon.info/FelExikon.htm

Group on Earth Observation: www.earthobservations.org

Kapitel 3: Das Wetter

Neben der Bedeutung der Erdbeobachtung für Wetter- und Klimaforschung sollen die Kapitel 3 (Das Wetter) und 4 (Das Klima) den grundlegenden Unterschied zwischen Wetter und Klima erklären. Auch in der aktuellen Diskussion über den Klimawandel werden beide Begriffe oft missverständlich oder synonym verwendet.

Der Aufbau von Kapitel 3 im Überblick:

- 1) Abgrenzung von Wetter zu Klima und Bedeutung von Wetterbeobachtung
- 2) Das europäische System zur Wetterbeobachtung
- 3) Was sehen und wie messen Wettersatelliten?

zu 1 – Wetter und Klima sowie die Bedeutung von Wetterbeobachtung

Der Klimawandel führt zu einer immer stärkeren Häufung extremer Wetterereignisse mit unterschiedlichen regionalen Ausprägungen. Viele Küstenregionen werden immer häufiger von Stürmen heimgesucht, die mit starken Regenfällen verbunden sind. Hurrikans und Zyklone sind besondere Ausprägungen dieser Phänomene. Andere Regionen leiden unter immer länger anhaltenden Hitze- und Dürreperioden. Die möglichst präzise Vorhersage des Wetters wird für die Menschen in den betroffenen Regionen immer wichtiger. Zum einen, damit sie frühzeitig vor einem aufziehenden Unwetter gewarnt werden können. Zum anderen aber auch, um mit den gesammelten Daten langfristige Klimatrends validieren und verifizieren zu können.

zu 2 – Das europäische System zur Wetterbeobachtung

Wetterbeobachtung ist eine Aufgabe von allgemeinem gesellschaftlichen Interesse. Sie obliegt deshalb überall auf der Welt staatlichen Institutionen. In und für Europa betreibt die European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) verschiedene Satelliten, wertet die von ihnen empfangenen Daten aus und stellt sie staatlichen, halbstaatlichen sowie privaten Wetterdienstleistern zur Verfügung. EUMETSAT ist eine internationale Kooperation von 24 europäischen Staaten, die ihren Hauptsitz im hessischen Darmstadt hat. Hier werden die Wetterdaten, die von den Satelliten an verschiedene über Europa verteilte Bodenstationen gesendet werden, gesammelt, ausgewertet und vorbereitet, bevor sie – als eigentliches EUMETSAT-„Produkt“ – den Wetterdiensten angeboten werden.

Die wichtigsten EUMETSAT-Satelliten sind METEOSAT 8 und 9 (seit 2004 und 2005 in Betrieb). Sie werden seit 2006 ergänzt um METOP, einen Satelliten auf polarer Umlaufbahn. Zwei METEOSAT-Satelliten der ersten Generation wurden über den Indischen Ozean umplatziert und sind dort in ein Tsunami-Frühwarnsystem integriert.

zu 3 – Was sehen und wie messen Wettersatelliten?

Wettersatelliten messen die verschiedenen, von der Erdoberfläche reflektierten oder emittierten Lichtwellen. METEOSAT misst auf insgesamt zwölf Kanälen innerhalb des elektromagnetischen Wellenspektrums, von denen sich lediglich zwei im sichtbaren Lichtspektrum befinden. Aus diesem Spektrum resultieren die Bilder, wie wir sie aus dem Wetterbericht kennen.

Den Hauptteil im Sensorspektrum von METEOSAT nehmen acht Kanäle ein, die im Infrarotbereich angesiedelt sind. Aufnahmen, die im thermischen Infrarotkanal gemacht werden, sind im Prinzip nichts anderes als Temperaturkarten der Erdoberfläche. Während warme Oberflächen wie Wüstengegenden viel Strahlung abgeben, senden Eisflächen oder Meere nur wenig Strahlung aus. Das Resultat sind Schwarz-Weiß-Aufnahmen, in denen Wärme hell, Kälte dagegen dunkel angezeigt wird.

Die Bilddaten, die METEOSAT alle 15 Minuten aktuell bereitstellt, sind in ihrer höchsten Auflösung rund 11.000 x 11.000 Pixel groß, entsprächen also einer Digitalkamera mit 124 Megapixeln.

Mehr zum Thema:

Homepage des Deutschen Wetterdiensts: www.dwd.de

Aktuelle und historische Wetterdaten: www.wetterzentrale.de

Lehrmaterial Wetter der ESA für die gymnasiale Unter- und Mittelstufe:

http://esamultimedia.esa.int/docs/edumsg_de_00.pdf

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren spezialisierte Wetterdienste und vergleichen deren Angebot mit den Inhalten konventioneller Wettervorhersagen aus den Tagesmedien.

Mehr zum Thema:

EUMETSAT-Bildergalerie:

www.eumetsat.int/Home/Main/Image_Gallery/index.htm?/=en

EUMETSAT-Broschüre zur Wetter- und Klimaüberwachung: www.eumetsat.int/groups/cps/documents/document/pdf_br_eum02_de.pdf

Wikipedia-Seite zu METEOSAT mit weiterführenden Links:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Meteosat>

Weiterführende Aktivität:

Wie funktioniert die Koordination der Wetterbeobachtung weltweit? Schüler recherchieren, welche Institutionen in anderen Ländern für die Wetterbeobachtung zuständig sind, wie viele Satelliten insgesamt im Einsatz sind und wie die einzelnen Dienste international koordiniert sind.

Mehr zum Thema:

Informationen über die aktuell aktiven Wettersatelliten:

www.de.allmetsat.com/wetter-satelliten.php

Wetterbeobachtungen, Wetterprognosen und Klimadaten weltweit:

www.de.allmetsat.com

Lexikon der Fernerkundung mit vielen technischen und weitergehenden

Erläuterungen: www.fe-lexikon.info/FelLexikon.htm

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren verschiedene bildgebende Verfahren, die in der Erdbeobachtung zur Anwendung kommen. Als Grundlage beschäftigen sie sich zunächst experimentell mit der additiven Farbsynthese, basierend auf den Primärfarben rot, blau und grün. Dazu nutzen sie z. B. die ESA-Software LEOWorks: www.eduspace.esa.int/subdocument/default.asp?document=364&language=de Besonders interessant ist es, LEOWorks unmittelbar auf echte Satellitenbilder anzuwenden, wie zum Beispiel LANDSAT-Bilder, die hier heruntergeladen werden können: www.glcf.umiacs.umd.edu/data/landsat

Kapitel 4: Das Klima

Klimawandel ist ein Streitthema: Die Einschätzungen, ob und wenn ja wie schnell sich das Klima auf der Erde verändert, ist Gegenstand von Kontroversen in Wissenschaft und Politik. Mit den von Satelliten erhobenen Daten lässt sich allerdings der Beweis führen, dass die Erwärmung eine reale Bedrohung darstellt. Auch die Hauptursache für den Temperaturanstieg ist bekannt: der Treibhauseffekt.

Der Aufbau von Kapitel 4 im Überblick:

- 1) Das Phänomen Erderwärmung
- 2) Die meinungsbildende Bedeutung von Erdbeobachtung im Kontext Klimawandel
- 3) Die wissenschaftliche Bedeutung von Erdbeobachtung im Kontext Klimawandel

zu 1 – Das Phänomen Erderwärmung

Auf welcher Grundlage soll unser Wohlstand in Zukunft stehen? Ungebremstes Wirtschaftswachstum auf Basis des Verbrauchs fossiler Brennstoffe ist langfristig eine „Sackgasse“: Öl, Kohle und andere Rohstoffe sind endlich und ihre Vorräte gehen inzwischen immer schneller zur Neige, da sie seit einigen Jahren auch verstärkt von schnell wachsenden Volkswirtschaften wie China oder Indien nachgefragt werden. Der Westen ist kaum in der Position, diesen Ländern Vorschriften zu machen, nachdem er selbst so lange „aus dem Vollen“ geschöpft hat. Vor allem ist die Verbrennung fossiler Brennstoffe aber die Hauptursache für den sich rapide verstärkenden Treibhauseffekt und damit für die sich beschleunigende Erderwärmung. Unter deren Folgen drohen wir alle mehr leiden zu müssen als unter dem Abschied von lieb gewonnenen Konsumgewohnheiten.

Das Phänomen des Klimawandels wird aktuell eigentlich nicht mehr bestritten. Unterschiedliche Meinungen bestehen allerdings bezüglich der Frage, inwiefern der Klimawandel „menschgemacht“ ist und welche Dimensionen und Folgen er künftig haben wird.

Die Diskussion wird verkompliziert durch unterschiedliche Berechnungsmethoden, die der Argumentation als Grundlage dienen: Werden beispielsweise rückkoppelnde Effekte berücksichtigt, fällt das Resultat gravierender aus. Der wichtigste Rückkopplungseffekt betrifft die schmelzenden Eismassen, die das Reflektionsvermögen der Erdoberfläche beeinflussen: Je weniger helle Eisflächen es gibt, desto weniger strahlt die Erde Energie ins All zurück – und umso stärker beschleunigt sich der Prozess der Erwärmung.

zu 2 – Die meinungsbildende Bedeutung von Erdbeobachtung im Kontext Klimawandel

Der Klimawandel ist ein überaus komplizierter Vorgang, der sich der breiten Öffentlichkeit gegenüber nur schwer in seiner Komplexität darstellen lässt. Die wissenschaftlichen Hintergründe sind vielschichtig und erfordern ein großes Maß an Fachwissen. Dennoch muss ein Bewusstseinswandel einsetzen. Wie kann der Ernst der Lage also verdeutlicht werden – medienwirksam und aussagekräftig? Ohne „Panikmache“, aber auch ohne Verharmlosung? Bilder sprechen eine deutliche Sprache und oftmals waren und sind es die Bilder von Erdbeobachtungssatelliten, die ohne viele Worte das Ausmaß der Erderwärmung verdeutlichen.

zu 3 – Die wissenschaftliche Bedeutung von Erdbeobachtung im Kontext Klimawandel

Je erhitzter die Diskussion über die Erderwärmung tobt, desto wichtiger sind „harte“ Fakten – Messdaten, wie Erdbeobachtungssatelliten sie kontinuierlich übermitteln. Die wichtigsten Klimadaten, die durch Satellitenmessungen quantifiziert werden können:

- Oberflächentemperaturen auf der Erde
- Entwicklung der Eisdecke in den Polarregionen (Eisfläche und Eisdicke)
- Zusammensetzung der Atmosphäre
- Schadstoffemissionen weltweit und Beeinflussung der Atmosphärenzusammensetzung
- Höhe des Meeresspiegels

Auch sagt die prognostizierte Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur nichts über die unterschiedlichen lokalen Temperaturveränderungen aus. So wird beispielsweise in den Polarregionen – also gerade den sensibelsten Gebieten mit großer Wirkung auf den Anstieg des Meeresspiegels (Grönland und Antarktis) – ein deutlich höherer Temperaturanstieg erwartet als andernorts.

Mehr zum Thema:

ESA-Website zum Thema Erdklima:

www.esa.int/SPECIALS/Space_for_our_climate/index.html

Website des Intergovernmental Panel on Climate Change: www.ipcc.ch

Das Klima der Erde: www.klima-der-erde.de

Schlusskommuniquee der Weltklimakonferenz in Kopenhagen:

www.denmark.dk/NR/rdonlyres/C41B62AB-4688-4ACE-BB7B-F6D2C8AAEC20/0/copenhagen_accord.pdf

Weiterführende Aktivitäten:

Schüler recherchieren die unterschiedlichen Positionen und Meinungen in der gegenwärtigen Klimadebatte. Wer argumentiert wie? Welche Interessen könnten sich dahinter verbergen? Sind die Argumente stichhaltig?

Schüler stellen ihre persönliche „Klimabilanz“ auf: Wie verursachen sie selbst CO₂ und welche Einsparpotenziale sehen sie?

Mehr zum Thema:

Website von Greenpeace Deutschland: www.greenpeace.de

Website des World Wildlife Fund: www.wwf.de

Weiterführende Aktivität:

Schüler analysieren die Internetseiten von führenden Naturschutzorganisationen und Industrieunternehmen: Wie stark ist das Thema Klimaschutz „angekommen“? Mit welchen Bildwelten wird es kommuniziert?

Die langfristige Analyse dieser Daten, die Erstellung von Zahlenreihen über Jahrzehnte, der Abgleich mit historischen Daten aus früheren Jahrhunderten und schließlich die Interpretation von Zusammenhängen erlauben uns dezidierte Aussagen über die Klimaentwicklung auf der Erde.

Mehr zum Thema:

World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere: <http://wdc.dlr.de/>

NASA Earth Science Data and Services (Jahresberichte):

www.nasadaacs.eos.nasa.gov/articles/index.html

Weiterführende Aktivitäten:

Wie lange gibt es bereits Wetter- und Klimaaufzeichnungen? In welcher Tradition stehen die Daten, die heute per modernster Technologie gesammelt werden?

Kapitel 5: Wasser-Management

Kapitel 5 behandelt ein Thema, das für die Erdbevölkerung in mehrfachem Sinn von vitalem Interesse ist: den Wasserkreislauf und das Management der Wassergewinnung und -nutzung. Das Kapitel verdeutlicht, welchen Beitrag die Erdbeobachtung mit Hilfe von Satelliten leisten kann, um die Ressource Wasser zu schützen, neue Vorkommen zu erschließen und deren Nutzung zu optimieren.

Der Aufbau von Kapitel 5 im Überblick:

- 1) Verteilung von Wasserressourcen auf der Erde und Präzisierung des Begriffs „Wasserknappheit“
- 2) Hintergrund: der Wasserkreislauf
- 3) Exemplarische Eingrenzung auf den afrikanischen Kontinent: ungleiche Verteilung und Wassermangel
- 4) Exemplarische Beispiele für Wasser-Management mit Hilfe von Satelliten: Wasser finden, Wasserverbrauch optimieren, technische Voraussetzungen

zu 1 – Wasserknappheit

Spätestens seit Beginn des neuen Jahrtausends rückt neben den „klassischen“ Bodenschätzen wie Öl, Gas oder Edelmetallen eine weitere Ressource ins Zentrum der Aufmerksamkeit von Politik und Wirtschaft: das Trinkwasser. Auch in den Medien finden sich immer häufiger Berichte zu diesem Thema.

Viele Millionen Menschen – vor allem in Afrika und Asien – haben keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. In den wachsenden Ballungsräumen und Mega-Cities ist es oftmals verschmutzt und mit Krankheitserregern belastet. Neben der Verschmutzung von Trinkwasser steht aber vor allem die generelle Frage der Wasserknappheit im Vordergrund. Es wird befürchtet, dass sogar schon bald Kriege um Wasser ausbrechen könnten. Selbst in Westeuropa kam es aufgrund von Wasserknappheit bereits zu Konflikten, als vor wenigen Jahren einige spanische Regionen in den Sommermonaten den Abfluss aus Staudämmen drosselten, weil sie andere Regionen beschuldigten, Wasser zu vergeuden.

zu 2 – der Wasserkreislauf

Der Rekurs zur Erklärung des Wasserkreislaufs bietet Gelegenheit, den Knappheitsbegriff zu präzisieren und einige wesentliche Phänomene darzustellen: die Sonneneinstrahlung als „Motor“ des Wasserkreislaufs, die „Beständigkeit der Wassermenge“, die großen regionalen Unterschiede in der Ausprägung des Kreislaufs und die Unterschiede in der Verweildauer des Wassers in den verschiedenen Reserven.

Unter „Beständigkeit“ des Wasserkreislaufs verstehen wir die Tatsache, dass die absolute Wassermenge auf der Erde sich nicht verändert – und das seit ca. 2 Milliarden Jahren. Auch innerhalb der einzelnen Reserven bleibt die Wassermenge stabil.

Der Wasserkreislauf unterscheidet sich in einzelnen Regionen sehr stark und trägt so ebenfalls zur unterschiedlichen Wasserverteilung bei: In der

zu 3 – Wassermangel in Afrika

Anhand des afrikanischen Kontinents lassen sich einige Aspekte der regionalen Ausprägungen des Wasserkreislaufs veranschaulichen: Wüstengegenden grenzen fast Übergangslos an dicht bewaldete Zonen, Regionen mit geringen Niederschlagsmengen an solche mit hohem Regenaufkommen. Zentrale Regionen Afrikas verfügen über große Mengen von Oberflächen- oder in der Vegetation gebundenem Wasser, andere lediglich über Grundwasservorkommen in großer Tiefe.

zu 4 – Wasser-Management mit Hilfe von Satelliten

Wasser-Management hat vielfältige Facetten – zwei wesentliche, nämlich das Auffinden von Wasserressourcen und deren Management werden anhand zweier Beispiele exemplarisch vorgestellt.

Viele weitere Projekte dieser Art steuert und betreut das internationale TIGER-Programm, in dem multinationale Organisationen wie UN und UNESCO unter Führung der Europäischen Weltraumorganisation ESA die Erdbeobachtung zum Wasser-Management einsetzen. TIGER bündelt das gesamte Spektrum technischer und organisatorischer Möglichkeiten zum

Zum Verständnis der Problematik ist es wichtig, sich zu verdeutlichen, dass trotz hoher und vielfältiger Wasservorkommen auf der Erde nur ein verschwindend geringer Teil unmittelbar für Menschen nutzbar und sauberes Wasser daher ein wertvolles und schützenswertes Gut ist.

Mehr zum Thema:

Website des Club of Rome: www.clubofrome.de

Weiterführende Aktivität:

Schüler führen ein „Wassertagebuch“ über ihren Wasserverbrauch im Laufe einer Woche unter Berücksichtigung auch des indirekten Verbrauchs, der z. B. auch die Produktion von Textilien und anderen Gütern und die dafür eingesetzten Wassermengen einschließt.

Atacamawüste Chiles regnet es kaum alle hundert Jahre einmal, in der ostindischen Region Shillong fallen jährlich 12 Meter Regen pro Quadratmeter.

Auch die Verweildauer des Wassers in den unterschiedlichen Reserven ist relevant: durchschnittlich zehn Tage in der Atmosphäre, einige Wochen in Bächen und Flüssen, mehrere Jahre in Seen und Hunderte bis Millionen von Jahren in tiefen Erdschichten.

Mehr zum Thema:

Detaillinformationen zum Wasserkreislauf:
www.hydrogeographie.de/wasserkreislauf.htm

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren weltweit Niederschlagsmengen und setzen sie in Relation zu Geografie und Jahreszeit.

Mehr zum Thema:

Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung: Broschüre „Partner für ein starkes Afrika.“ Zusammenarbeit im Bereich Wasser: www.bmz.de/de/service/infotehk/fach/materialien/Materialie162.pdf

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren die Strategien von Pflanzen und Tieren zur Wasserversorgung in Regenwald vs. Wüstengebieten Afrikas

Einsatz von Satelliten zur Optimierung des Wasser-Managements.

Mehr zum Thema:

Homepage der ESA-Initiative TIGER – Looking after water in Afrika:
www.tiger.esa.int

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren einzelne Projekte im Rahmen von TIGER und referieren darüber.

Kapitel 6: Lebensmittel-Management

Bevölkerungsreiche Länder – insbesondere viele Staaten in Asien – sind auf eine gut funktionierende Landwirtschaft angewiesen, zumal ihnen oft das Geld zum Kauf großer Mengen an Nahrungsmitteln auf den Weltmärkten fehlt. Satelliten können dabei eine große Hilfe darstellen – vor allem im Hinblick auf die Optimierung der Ernteerträge. Der Anbau von Reis wird in diesem Kapitel exemplarisch herangezogen, um das Wirkungsprinzip und die Möglichkeiten zu erklären.

Der Aufbau von Kapitel 6 im Überblick:

- 1) Grundproblematik Bevölkerungswachstum vs. Kapazitätsengpässe in der Landwirtschaft
- 2) Musterbeispiel Reisanbau
- 3) Optimierungsmöglichkeiten mit Satellitenunterstützung

zu 1 – Satelliten: die Hightech-Erntehelfer

In den letzten 200 Jahren hat sich die Weltbevölkerung auf fast sieben Milliarden Menschen in etwa versechsfacht. Die Gründe für diese „Bevölkerungsexplosion“ sind vielfältig: Industrialisierung und Arbeitsteilung haben in vielen Ländern den Lebensstandard gesteigert. Sinkende Sterblichkeit und höhere Lebenserwartung sind die Folgen. In den armen Ländern ist die Logik eine andere: Bei hoher Sterblichkeitsrate und niedrigem Lebensstandard gelten viele Nachkommen als Garantie für das Überleben der Familie und die Versorgung im Alter.

Mit der Bevölkerungszahl wächst auch der Bedarf an Lebensmitteln. Doch die Landwirtschaft stößt an Grenzen. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Viele Regionen eignen sich klimatisch oder geografisch von vornherein nicht für die landwirtschaftliche Nutzung. Viele Flächen werden ineffizient genutzt, um „Luxusprodukte“ zu erzeugen, z. B. Viehwirtschaft auf Böden, auf denen ebenso gut Kulturpflanzen wie Soja angebaut werden könnten. Der Versuch, durch künstliche Düngung Ernteerträge zu steigern, hat vielerorts ausgelaugte Böden zurückgelassen. Zudem ist Landwirtschaft sehr

zu 2 – Reisanbau in Asien

Reis ist die wichtigste Getreideart und das Grundnahrungsmittel der Bevölkerung in Asien. Er wird in den Deltas der großen Flüsse ebenso angebaut wie in den niederschlagsreichen Bergregionen. Reis ist in Asien nicht nur Nahrungsmittel: Sein Stroh dient auch als Brennstoff, Dünger oder zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen wie Seilen, Taschen und Hüten. Auch soziale Aspekte spielen hier eine große Rolle: Wasserkontrolle und Bewässerung haben eine komplexe, pyramidal aufgebaute Gesellschaft hervorgebracht. Viele Menschen leben vom Reisanbau: Doch nur wenige profitieren davon, während viele am Rande des Existenzminimums leben.

Reis ist extrem anspruchsvoll: Im Wachstum erfordert er drei Monate lang Temperaturen von mindestens 20°C sowie 30.000 m³ Wasser pro Hektar. Das Monsunklima ist deshalb besonders geeignet. Entsprechend befanden sich im Jahr 2003 neun der zehn größten Reis produzierenden Länder in Asien, darunter China (166 Millionen Tonnen), Indien (115 M.T.) und Indonesien (52 M.T.).

zu 3 – Besser geplant, öfter geerntet

Während in vielen Entwicklungsländern die Optimierung der Ernteerträge Hauptziel der Satellitenunterstützung in der Landwirtschaft ist, interessieren sich Landwirte in Ländern der „ersten Welt“ daneben auch für Nutzungsmöglichkeiten in ökologischer Hinsicht: Multispektralkameras machen in unterschiedlichen Kanälen des sichtbaren Lichts Bilder von bebautem Land. Diese Bilder geben Aufschluss über den Chlorophyllgehalt der Vegetation und lassen Rückschlüsse auf deren Gesundheitszustand und Reifegrad zu. Flecken oder Lücken im Bild zeugen von Nährstoffmangel oder Schädlingsbefall. Zielgenau können die Landwirte nun die betroffenen Flächen bearbeiten und düngen – nur da, wo es wirklich nötig ist.

Eine ähnliche Möglichkeit bietet die Positionsbestimmung per GPS, wenn sie mit Daten über den Gesundheitszustand der Pflanzen gekoppelt wird. Zu diesem Zweck filmt zunächst eine unmittelbar am Traktor montierte Spezialkamera ein Feld ab: Je nach Programmierung unterscheidet die Bilderkennung, wo Pflanzen in ihrem Wachstum beeinträchtigt sind –

witterungsabhängig: Extreme Wetterereignisse können in wenigen Stunden ganze Jahresernten vernichten.

Mehr zum Thema:

Internetseite des World Food Programms: www.wfp.org

„Hungerkarte“ des World Food Programms: http://one.wfp.org/country_brief/hunger_map/map/hungermap_popup/map_popup.html

Problematik Bevölkerungswachstum: www.3sat.de/dynamic/sitegen/bin/sitegen.php?tab=2&source=/nano/cstuecke/12209/index.html

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren, aus welchen Regionen die von ihnen vorrangig konsumierten Lebensmittel stammen und unter welchen Bedingungen sie angebaut wurden.

Mehr zum Thema:

ESA-Informationsmaterial zum Thema Reisanbau: www.eomd.esa.int/booklets/booklet185.asp

Weiterführende Aktivitäten:

Reisanbau in Europa? Auch das gab und gibt es. Schüler vergleichen die Anbaumethoden in Asien mit denen, die traditionell und aktuell in den Reisanbau-Regionen Norditaliens angewandt werden.

Wenn Reis für Asien das bedeutendste Grundnahrungsmittel ist, was ist das Äquivalent bei uns in Europa/Deutschland? Welche Getreidesorten werden tatsächlich für die Herstellung unserer Lebensmittel benötigt?

beispielsweise durch Schädlinge, Pilzbefall oder den starken Wuchs von Unkraut. Für jede Information speichert der Rechner die entsprechenden GPS-Koordinaten. Bei der Bearbeitung des Lands kann nun die Abgabe von Schädlingsbekämpfungsmitteln entsprechend den zuvor gewonnenen Daten präzise dosiert werden. Im Versuch ließen sich bei der Aufzucht von Zuckerrüben 40 bis 60 %, im Getreideanbau sogar bis zu 90 % an Pflanzenschutzmitteln einsparen.

Mehr zum Thema:

Feldversuch zur Einsparung von Pflanzenschutzmitteln: <http://www.3sat.de/dynamic/sitegen/bin/sitegen.php?tab=2&source=/nano/cstuecke/12209/index.html>

Weiterführende Aktivität:

Welche „natürlichen“ Arten der Schädlingsbekämpfung könnten alternativ eingesetzt werden?

Kapitel 7: Das Ökosystem Weltmeere

Das Ökosystem der Weltmeere steht in seinen Grundzügen (Nahrungskette, Interaktion zwischen einzelnen Lebensformen) exemplarisch für andere Ökosysteme. Ozeane und Meere sind darüber hinaus wichtige Bestandteile der „Klima-Maschine“ unserer Erde. Erdbeobachtung wird mit Blick auf die Meere vor allem zur Klimabeobachtung sowie zum Natur- und Artenschutz genutzt.

Der Aufbau von Kapitel 7 im Überblick:

- 1) Ökosysteme am Beispiel Meere und Ozeane
- 2) Die Weltmeere und das Klima
- 3) Umweltschutz

zu 1 – Ökosysteme am Beispiel Meere und Ozeane

Wie in jedem Ökosystem hängen auch in den Meeren alle Lebewesen in einem System untereinander verknüpfter Nahrungsketten voneinander ab. Chlorophyllhaltige Pflanzen sind dabei die Primärproduzenten. Für die Photosynthese nutzen sie die Sonnenenergie und bilden nach der Absorption von Kohlendioxid mit Hilfe des Chlorophylls organische Substanzen (z. B. Kohlenhydrate). Diese ernähren die sogenannten Primärkonsumenten, mikroskopisch kleine Schnecken und Krebse (Phytoplankton), mit denen sich die Nahrungskette fortsetzt. Generell gilt: Zwischen den Gliedern einer Nahrungskette findet ein Energie- und Stoffaustausch statt. Alle in einem Ökosystem lebenden Arten geben die Substanzen, die sie diesem entnommen haben, stets in mehr oder weniger umgewandelter Form an das Biotop zurück – ein sehr genau austariertes Gleichgewicht.

Insgesamt gelten die Weltmeere als relativ wenig erforscht. In den tiefen, lichtarmen Schichten der Ozeane (800 bis 11.000 Meter Tiefe) werden noch Millionen bisher unbekannter Arten vermutet. In der Initiative „Census on Marine Life“ wurden verschiedene aktuelle Einzelexpeditionen gebündelt.

zu 2 – Die Weltmeere und das Klima

Weltmeere und Klima stehen in einem ambivalenten Verhältnis:

Einerseits ist das Gleichgewicht des Ökosystems Meer stark von äußeren Einflüssen wie der Sonnenstrahlung abhängig. Erwärmt sich die Erde zu stark, geraten Wachstumszyklen ins Ungleichgewicht und das System beginnt zu „kippen“. Vor allem aber droht der Meeresspiegel anzusteigen, je stärker sich das Klima der Erde aufheizt und so große Eismassen zum Schmelzen gebracht werden.

Andererseits sind auch die Meere selbst ein bedeutender Klimafaktor: zum Beispiel durch die Meeresströmungen, die mit dem Wasser auch Temperaturen „transportieren“. Der Golfstrom, der im südlichen Atlantischen Ozean „beginnt“ und warmes Wasser bis vor die Küsten Norwegens bringt, gilt auch als die „Warmwasserheizung Europas“. Vor wenigen Jahren spielte der Hollywood-Blockbuster „The Day After Tomorrow“ ein Szenario durch, das in Wissenschaftskreisen zwar umstritten ist, jedoch die Bedeutung der Meere für das weltweite Klima deutlich illustriert. Der Film überspitzt die Theorie,

zu 3 – Umweltschutz durch Erdbeobachtung

Der Welthandel wächst. Auch auf den Weltmeeren werden kontinuierlich mehr Waren und Rohstoffe bewegt. Das Schifffahrtsaufkommen nimmt zu, die Tonnage der Schiffe steigt. In den Nadelöhren der internationalen Schifffahrt wie dem Ärmelkanal, der Straße von Gibraltar und vor der Westküste Europas steigt die Gefahr von Havarien.

Erdbeobachtungssatelliten können im Katastrophenfall ausgeladene Fracht – z. B. Rohöl – orten und so wirksame Maßnahmen zur Bekämpfung unterstützen. Auch im Fall illegaler Verklappung von Abfällen sind sie nützlich: Noch immer zählt es leider zu den einfachsten – und kostengünstigsten – Entsorgungsmaßnahmen, schädliche Ladung auf hoher See einfach über Bord zu kippen. Diese illegale Müllentsorgung ist in vielen Weltgegenden ein einträgliches Geschäft für die organisierte Kriminalität. Werden die Daten der Satelliten zeitnah ausgewertet und an die Küstenwachen betroffener Länder übermittelt, können die Täter dingfest gemacht werden – und potenzielle Nachahmer abgeschreckt werden.

Mehr zum Thema:

Infothek des Klett-Verlags zum Thema Meere und Ozeane: http://klett-verlag.de/sixcms/list.php?page=geo_infotek&node=Meere_und_Ozeane

ENVISAT-Aufnahmen von der Algenblüte:

<http://earth.esa.int/cgi-bin/satimsgs.pl?search=bloom&sat=0>

Homepage des „Census of Marine Life“: www.coml.org

Weiterführende Aktivität:

Welche „Interaktion“ besteht zwischen den Ökosystemen Meer und dem Festland? Welche Rolle spielt dabei der Mensch und wie wirkt sich sein Eingreifen aus (zum Beispiel durch Fischerei, Schifffahrt etc.)?

dass ein Abschmelzen der Polkappen zur „Aussüßung“ der Ozeane führen könnte. Dadurch reißt der Golfstrom ab, was die nördliche Erdhalbkugel – im Film – durch einen jähen Temperatursturz in die Katastrophe führt.

Mehr zum Thema:

Informationen zum Thema Meeresströmungen und Klima: <http://klima-der-erde.de/meeresstroemungen.html>

Messung der Meeresoberflächentemperaturen: www.medspiration.org

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren die wichtigsten Meeresströmungen. Sie diskutieren auch die Frage des Anstiegs des Meeresspiegels durch die Klimaerwärmung. Welche Regionen wären durch einen Anstieg des Meeresspiegels bedroht, wenn die Eismassen in Grönland und der Antarktis schmelzen? Warum trägt dagegen ein Abschmelzen der Eismassen am Nordpol nicht zum Anstieg des Meeresspiegels bei? Welche anderen Folgen aber hätte dies?

Mehr zum Thema:

UN-Seite zu den Weltmeeren: www.oceansatlas.com

Fakten zum Seehandel (Seite der UN):

http://www.oceansatlas.com/unatlas/uses/transportation_telecomm_maritime_trans/shipping_world_trade/shipping_facts_and_figures.htm#Globalization%20and%20international%20trade

Greenpeace-Seite zum Thema Meeresverschmutzung:

<http://gruppen.greenpeace.de/aachen/meere-fotos-verschmutzung.html>

Weiterführende Aktivität:

Schüler recherchieren die Entwicklung des Frachtverkehrs auf den Weltmeeren als Auswirkung des globalisierten Welthandels. Wie sehr trägt ihr eigenes Konsumverhalten zu dieser Entwicklung bei?

Kapitel 8: Katastrophen-Prävention und -Management

Mit Blick auf Naturkatastrophen können Satelliten sowohl präventiv als auch akut von Nutzen sein. Die Katastrophen-Prävention kann kurzfristige Warnungen etwa vor einem Hurrikan betreffen, aber auch langfristige Vorkehrungen ermöglichen: beispielsweise indem man Satellitenbilder einer Überschwemmung mit Blick auf den Bau von Deichen und Dämmen auswertet, um so der nächsten Flut zu begegnen. Im aktuellen Katastrophenfall sind Satelliten wertvoll, weil sie buchstäblich „den Überblick“ bewahren und aktuelle Informationen zum Ausmaß der Schäden bieten können. Beispiele hierfür sind Lageinformationen nach Erdbeben, Waldbrände oder der Lavafluss bei Vulkanausbrüchen.

Die in Kapitel 8 exemplarisch betrachteten Ereignisse sind ...

Wirbelstürme

Große Wirbelstürme sind in vielen Weltgegenden ein periodisch auftretendes Phänomen. Am Golf von Mexiko wird Jahr für Jahr im Sommer die „Hurrikan-Saison“ ausgerufen. Nach dem Auftreten des ersten Hurrikans berichten die Medien ausführlich über das Phänomen und über die aktuellen Entwicklungen. Im Mittelpunkt des Interesses stehen Prognosen über den Verlauf von Hurrikans, die sich der Küste nähern. Entsprechend werden in betroffenen Regionen Maßnahmen bis hin zur Evakuierung ganzer Landstriche eingeleitet.

Hurrikans sind ein besonders beeindruckendes und visuell prägnantes Phänomen, das per Satellit frühzeitig erkannt wird, sodass entsprechende Vorwarnungen in aller Regel möglich sind – mit dem Effekt, dass oftmals Tausende von Menschenleben durch Evakuierungen gerettet werden können. Ähnlichen Nutzen bieten die Daten von Wettersatelliten aber auch bei anderen Unwetterphänomenen, wie „herkömmlichen“ Stürmen, starkem Regen, Schneefall oder Hagel. Zeichnen sich solche Wetterphänomene ab, sprechen die verschiedenen Wetterdienste dezidierte Unwetterwarnungen aus.

See- und Erdbeben sowie Vulkanismus

Diese drei Phänomene sind hier zusammengefasst, weil sie alle ihren Ursprung in der Plattentektonik der Erde haben: Die Lithosphäre – der feste, äußere Teil der Erdkruste – ist etwa 100 Kilometer dick und „schwimmt“ auf der zähflüssigen Asthenosphäre. Die Bewegung der Platten gegeneinander erzeugt die Spannungen, die sich periodisch in Erd- oder Seebeben entladen. Zugleich ist sie verantwortlich für die Bildung von Bruchsystemen, die das Aufsteigen von Magma an die Erdoberfläche begünstigen.

Da alle Situationen mit einer Hebung bzw. Senkung der Erdoberfläche einhergehen, nutzen Satelliten das Verfahren der Interferometrie, um Informationen zu gewinnen: Die Interferometrie ist eine Technik, die die Vermessung der Bodenhöhen und der Bodenbewegungen ermöglicht. Sie erfolgt mittels Kombination der Wellenphasen von zwei Radarsignalen desselben Gebiets, die meist zu unterschiedlichen Zeiten oder aus zwei leicht verschiedenen Positionen aufgezeichnet wurden. So entsteht ein Interferogramm, aus dem das Relief berechnet werden kann. Unter Umständen kann das Interferogramm sogar Erdverschiebungen im Millimeterbereich aufzeigen. Diese komplexe Technik wird zur Überwachung von Bodenbewegungen – wie der Ausdehnung von Vulkanen, die sich durch den Druck der Magma regelrecht „aufblähen“, oder zur Vermessung von Bodenabsenkungen etwa in Folge des Baus neuer U-Bahn-Linien – eingesetzt. Sie kann als Ergänzung von seismografischen Messungen am Boden herangezogen werden.

Hochwasser

Hochwasser und Überschwemmungen sind periodisch auftretende und auch hierzulande bekannte Phänomene. „Saison“ haben sie sowohl im Herbst und beginnenden Winter, wenn die Niederschlagsmengen steigen, als auch im Frühjahr, wenn die Schneeschmelze in den Gebirgen den Wasserstand in den Flüssen ansteigen lässt.

Starke Regenfälle, schmelzende Schneemassen: Überschwemmungen scheinen auf den ersten Blick natürliche Ursachen zu haben. Doch menschliche Aktivitäten verschärfen ihre Folgen: Immer größere Flächen werden bebaut, Städte wachsen, ebenso Industrieansiedlungen. Einkaufszentren rücken vor die Städte auf die „grüne Wiese“, sie werden umgeben von riesigen Parkplätzen. All diese Baumaßnahmen „versiegeln“ den Boden. Regenwasser versickert nicht mehr flächig, sondern wird unmittelbar kanalisiert. Aus wirtschaftlichen Gründen werden auch viele Landschaften in unmittelbarer Nachbarschaft zu Flüssen nicht mehr als „Flutungsgebiete“ genutzt, die temporär eine Art „Aderlass“ erlauben, bevor die Flutwelle bewohntes Gebiet erreichen kann.

Satellitenbilder zeigen überflutete Gebiete im Überblick. In einigen Fällen ist dadurch schnelle Hilfe möglich: Die Krisenstäbe der betroffenen Länder erkennen, welche Gegenden und Dörfer betroffen sind. Darüber hinaus dienen die Daten aus dem All der Prävention: Auf ihrer Basis werden Karten erstellt, die bedrohte Gebiete ausweisen und anzeigen, wo Deiche und Dämme – oder auch Flutungsgebiete – eingerichtet werden müssen, um für die nächste Flut Vorkehrungen zu treffen.

Weiterführende Aktivität

Schüler recherchieren verschiedene Fragen zum Thema Naturkatastrophen, z. B.:

- Welche Naturkatastrophen bedrohen die Menschen weltweit?
- Warum siedeln Menschen dennoch häufig in besonders bedrohten Gegenden (an Küsten, in der Nähe von Vulkanen, in Erdbebenregionen etc.)?
- Welche „Überlebensstrategien“ entwickeln Menschen in diesen Regionen?
- Wie „natürlich“ sind Naturkatastrophen? Gibt es Naturkatastrophen, die durch Menschen verursacht sind (z. B. durch die globale Erwärmung, Flussbegradigungen, Raubbau etc.)?

Weiterführende Informationen:

Webseite der internationalen Charta zum Katastrophen-Management:
www.disasterscharter.org

Schulunterlagen der Charta:

www.disasterscharter.org/web/charter/schools

Informationen über Naturkatastrophen:

www.naturkatastrophen.info/index.html

Infothek des Klett-Verlags zum Thema Naturkatastrophen:

http://klett-verlag.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Naturkatastrophen

Infothek des Klett-Verlags zum Thema Hochwasser:

http://klett-verlag.de/sixcms/list.php?page=geo_infothek&node=Naturkatastrophen



**European Space Agency
Europäische Weltraumorganisation**

8-10, rue Mario Nikis
75738 Paris Cedex 15
Frankreich

Direktion für Erdbeobachtung
und Büro für Bildung
www.esa.int/education
Kontakte: education@esa.int
eohelp@esa.int

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft
Linder Höhe
51147 Köln
Deutschland

Vorstandsbeauftragter für
Nachwuchsförderung
www.DLR.de > Nachwuchs
Kontakt: nachwuchsfoerderung@dlr.de

 **EUROPIMAGES**
EVÉNEMENTS & IMAGES
www.europimages.fr


CD WERBEAGENTUR GMBH
www.cdonline.de