Unterrichtsmaterialien zum Thema

Innertropische Konvergenzzone

JAHRGANGSSTUFE 7-9

Didaktischer Kommentar

Projektinformation

Diese Unterrichtsmaterialien sind im Rahmen des Projektes „Fernerkundung in Schulen“ (FIS) entstanden. Das Projekt FIS wird von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen 50 EE 0932 gefördert.

Das übergeordnete Projektziel besteht in der Erarbeitung eines umfassenden Angebots an digitalen Lernmaterialien für den Einsatz im Schulunterricht.

Dieses Angebot umfasst interaktive Lernmodule, sowie Recherche- und Analysetools, die über ein umfassendes und internetgestütztes Lernportal zur Verfügung gestellt werden.

http://www.fis.uni-bonn.de

Übersicht

Jahrgangsstufe 7-9

Niveau ●●●○○

Zeitbedarf 1 Stunde

Autoren Annette Ortwein, Henryk Hodam

Ziele
Die Schüler/Innen sollen...

- Satellitenbilder und Zeitreihen interpretieren können
- die inntertropische Konvergenzzone erklären können,
- die Verlagerung der Vegetationszonen im Jahresverlauf erkennen können,
- den Zusammenhang zwischen Vegetationsverlagerung, atmosphärischem Wasserdampf und innertropischer Konvergenzzone beschreiben können.

Themen

Innertropische Konvergenzzone | Vegetationszonen | Zeitreihen | Hadley-Zelle | tropische Zirkulation

Medien & Material

Didaktischer Kommentar | Musterlösungen | ITC.exe | ITC.html

Didaktischer Kommentar

Einbindung in den Lehrplan & Umsetzung der Unterrichtseinheit

Die Vermittlung des komplexen Wirkungsgefüges der atmosphärischen Zirkulation und insbesondere der tropischen Zirkulation ist in den Lehrplänen deutscher Schulen fest verankert. Am Beispiel des Zusammenhangs zwischen der Vegetationsverlagerung im Laufe eines Jahres und dem Wasserdampf in der Atmosphäre lernen die Schüler im Lernmodul „Innertropische Konvergenzzone“ die Hadley-Zelle und die Innertropische Konvergenzzone kennen und bringen sie mit Druck- und Temperaturänderungen in Zusammenhang. Somit befindet sich das Lernmodul „Innertropische Konvergenzzone“ an der Schnittstelle zwischen Physik und Erdkunde in der Sekundarstufe I (Klassen 7-9).

Die atmosphärische Zirkulation ist eine zentrale **inhaltsbezogene Kompetenz** des Geographieunterrichts, die in der Regel in den Jahrgangsstufen 7-9 vermittelt wird (Tab. 1). Die Schüler/Innen erfahren den Nutzen von Satellitenbildern und bauen ihre methodischen Kompetenzen der Satellitenbildinterpretation aus. Nutzen die Schüler/Innen diese Methoden anhand realitätsnaher und anwendungsbezogener Beispiele, spricht dies besonders ihre **Problemlösungs-Kompetenz** an.

Das **Ziel der Unterrichtseinheit** „Innertropische Konvergenzzone“ ist es, Schüler/Innen mit einfachen Analysewerkzeugen auszustatten, mit denen sie selbstständig Daten erheben und mit Hilfe einfacher Funktionen auswerten können. Als Datenquelle stehen ihnen drei Zeitschnitte von thematisch aufbereiteten Satellitenbildern zur Verfügung, aus dem sie Bildwerte auslesen können. Sie helfen den Schüler/Innen dabei, aus Wasserdampf und Vegetation die Lage der Innertropischen konvergenzzone abzulesen.

Die Unterrichtseinheit bedient sich der Möglichkeiten des Computers, um die Thematik durch Animation und Interaktion nachhaltig zu vermitteln. Die praktische Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex erfolgt über ein computergestütztes und interaktives Lernmodul. Das computergestützte Lernmodul berücksichtigt folgende Aspekte:

- Der Aufbau des Moduls ist wissenschaftsorientiert und fördert somit grundlegend das wissenschaftspropädeutische Lernen.
- Das Lernmodul fördert eine Organisation des Unterrichts, die stark auf die Eigenaktivität und die Selbstverantwortung der Schüler/Innen setzt.
- Das Lernmodul berücksichtigt die Lebenswirklichkeiten der Schüler/Innen.
- Das Medium Computer wird als Arbeitsmittel eingesetzt, so dass den Schüler/Innen der Computer nicht nur als reines Informations- und Unterhaltungsgerät, sondern auch als Werkzeug näher gebracht wird. Darüber hinaus wird der Umgang mit Neuen Medien und somit die Medienkompetenz der Schüler/Innen gefördert.

Inhaltlicher Hintergrund

Die Innertropische Konvergenzzone bezeichnet die Zone entlang des Äquators, an der der Südost- und Nordwestpassat konvergieren. An dieser Stelle befindet sich die äquatoriale Tiefdruckrinne, die durch die aufsteigenden Luftmassen an der Stelle der stärksten Sonneneinstrahlung gebildet wird. Die mit Wasserdampf aus dem Ozean angereicherte Luft kühlt sich mit zunehmender Höhe ab, das Wasser kondensiert auf Grund der sinkenden Wasserhaltekapazität der Luft und es kommt zu heftigen Regenfällen. In dieser Zone sind im Satellitenbild sowohl hohe Wasserdampfkonzentrationen in der

Tabelle 1 Thematische Einbindung in den Lehrplan nach Bundesländern

Bundesland	Klasse	Thema
Baden-Württemberg	8	Innertropische Zirkulation erklären, Zusammenhang zwischen klimatischen Verhältnissen und Anpassung von Pflanzen, Tieren und Menschen
Bayern	8	Klima- und Vegetationszonen der Erde beschreiben und erklären, Klima der Tropen und ariden Subtropen erläutern
Berlin	7-9	Lage und Ausdehnung von Trockenräumen, Einfluss des Klimas auf den Naturraum, tropischer Regenwald
Brandenburg	7-9	Wetterbeobachtung, Wärmeströmung, Luftdruck und Wetter
Bremen	7-10	Klima- und Vegetationszonen der Erde erklären, Begriffe Wetter und Klima differenziert beschreiben sowie wesentliche klimatische Prozesse erklären
Hamburg	7-8	Klima und Vegetation des tropischen Regenwalds, Vegetationszonen
Hessen	8	Klima- und Vegetationsgebiete der Erde
Mecklenburg-Vorpommern	7-9	Afrika - ein überwiegend tropischer Raum, Wetter und Klima
Niedersachsen	8-10	tropische Zirkulation, klimatische Verhältnisse und Anpassung von Pflanzen
Nordrhein-Westfalen	7-9	Klima- und Vegetationszonen
Rheinland-Pfalz	7-8	Klima- und Vegetationszonen, Zusammenhang Klima und Landschaft
Saarland	6	feucht-heiße und trocken-heiße Zonen
Sachsen	7	Klima und Vegetation Afrikas, Passatkreislauf
Sachsen-Anhalt	7-8	Luftmassen der Erde in Bewegung, Klima- und Vegetationszonen
Schleswig-Holstein	7	Die Tropen als Landschaftsgürtel und Nahrungspasis, der größte Wüstengürtel der Erde
Thüringen	7	Entstehung der Klima- und Vegetationszonen auf der Erde

Atmosphäre als auch ein hoher Vegetationsindex zu beobachten. Durch die Corioliskraft und den Luftdruckgradienten in Richtung der Pole wird die Luft bis zum 30. Breitengrad transportiert, wo sie wegen der abnehmenden Höhe der Tropopause komprimiert wird und sich hier ein Hochdruckgebiet ausbildet. Dies korrespondiert mit der Lage der Wüstengürtel. Die Ausgleichsbewegung der Luft vom Hochdruckgebiet in Richtung der äquatorialen Tiefdruckrinne sind die Passate.

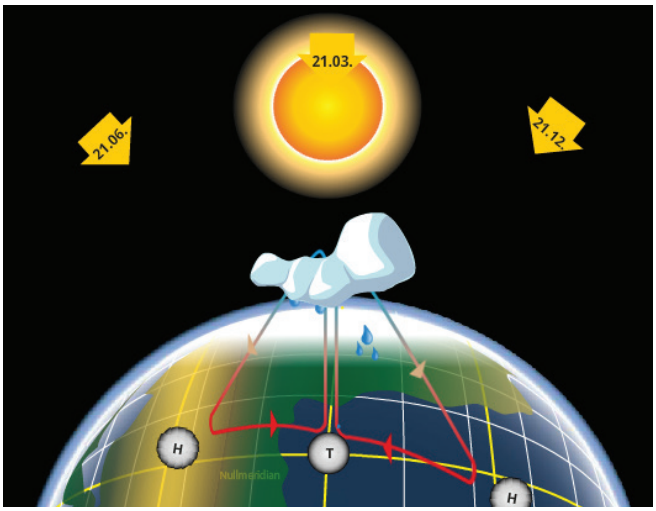

Abbildung 1 Vereinfachtes Schema der tropischen Zirkulation

Durch Satellitenaufnahmen kann sowohl der Wasserdampf in der Atmosphäre als auch durch die Aktivität und Vitalität der Vegetation sichtbar gemacht werden. Hierbei zeigt der atmosphärische Wasserdampf indirekt die Lage der Innertropischen Konvergenzzone an, da hier die Wolkenbildung am größten ist. Die Vegetation verdeutlicht die regionale Variabilität des Regens, der im Bereich der Innertropische Konvergenzzone analog zum Wasserdampf am meisten vorkommt. So kann sowohl der tropische Regenwald als auch der Wüstengürtel mit Hilfe der Innertropischen Konvergenzzone erklärt werden. Außerdem wird die Verlagerung der Vegetationszonen im Einklang mit der Verlagerung der Innertropischen Konvergenzzone deutlich herausgestellt.

Fernerkundung

Unter dem Begriff **Fernerkundung** versteht man allgemein die berührungslose Beobachtung der Erdoberfläche durch Sensoren an Flugzeugen und vor allem Satelliten. Mit Satellitenbildern kann man großflächig den Zustand der Erdoberfläche und somit den Zustand verschiedener Ökosysteme betrachten. Besonders gut eignen sich Satellitenbilder dazu, Veränderungen an der Landoberfläche zu erfassen, da Satelliten einen bestimmten Ausschnitt der Erdoberfläche in einem definierten zeitlichen Abstand immer wieder überfliegen. Infolgedessen liegt ein bedeutender Vorteil der Fernerkundung gegenüber klassischen Feldmessungen in der kostengünstigen Informationsbeschaffung, ohne direkt vor Ort sein zu müssen.

Das Satellitenbild entsteht durch die Aufnahme von Strahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird. Zuerst trifft die von der Sonne ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung auf die Erde. Je nach Beschaffenheit der Oberfläche werden Teile von der Strahlung zurückgeworfen (Reflexion). Die reflektierte Strahlung enthält Informationen über die Art und Eigenschaften der Oberfläche. Das Besondere ist also, dass jedes Objekt in ganz bestimmter Weise mit der Einstrahlung interagiert. Ein Teil der von der Erdoberfläche reflektierten Strahlung wird von dem Sensor eines Satelliten aufgenommen, gespeichert und zur Erde gesendet. Die Aufnahme der reflektierten Strahlung erfolgt für die verschiedenen Bereiche des elektromagnetischen Spektrums separat. So gibt es z.B. jeweils einen Aufnahmekanal für die drei Bereiche des sichtbaren Lichts (blau, grün und rot) . Die einzelnen Kanäle kann man dann am Computer so miteinander kombinieren, dass Farbbilder entstehen.

Verwendete Satellitendaten

Im Mittelpunkt der Unterrichtseinheit „Innertropische Konvergenzzone“ stehen Envisat MERIS Level 3 Daten. Die Erdbeobachtungsmission Envisat der ESA wird unter intensiver deutscher Beteiligung durchgeführt. Sie hat bis zum Jahr 2012 Daten geliefert, die auf Grund ihrer Auflösung und der vorangegangenen Prozessierung sehr gut geeignet sind, sowohl die Vegetationsveränderung auf der Erdoberfläche mittels des Level-3-Produkts „Vegetation Index“ als

auch den Wasserdampf in der Atmosphäre durch das Level-3-Product „Atmospheric Water Index“ zu erkennen.Da alle Aufnahmen monatsweise zusammengefasst wurden, ist eine gut interpretierbare Zeitreihe (in diesem Fall Januar-Dezember 2011) entstanden, die von den Schüler/Innen im Modul anhand von drei Zeitschnitten selbstständig erforscht werden kann.

Im Satellitenfilm im Eingangsfenster wurden Bilder der Envisat MERIS „Vegetation Index“-Zeitreihe verwendet. Der Anwendungsbereich greift auf Bilder aus der „Vegetation Index“-Zeitreihe sowie auf den „Atmospheric Water Vapour“ vom 01.01., 01.04. und 01.07.2011 zurück.

Aufbau & Ziele der Unterrichtseinheit

Insgesamt setzt sich die Unterrichtseinheit „Inntertropische Konvergenzzone“ aus zwei Teilen zusammen, wobei der erste Teil als Einführung auf den Rest des Moduls hinleitet. Das Modul und die darauf aufbauende Unterrichtseinheit lassen sich in einer Schulstunde durchführen. Am unteren Rand des Lernmoduls befindet sich eine Navigationsleiste. Anhand der Navigationsleiste bewegen sich die Schüler/Innen von links nach rechts durch das Modul. Alle zu einem bestimmten Stand verfügbaren Modulteile sind in der Navigationsleiste farbig gekennzeichnet. Alle grauen Teile werden erst anwählbar, sobald die Schüler/Innen das erste Quiz gelöst haben. Der Teil des Moduls, in dem man sich derzeit befindet, ist in der Navigationsleiste rot umrandet.

Aufbau des Lernmoduls

Das Lernmodul „Innertropische Konvergenzzone“ kann entweder als eigenständiges Programm oder innerhalb des FIS-Lernportals (http://www.fis.uni-bonn.de) ausgeführt werden. Im ersten Fall wird auf Windows-PCs das Programm „ITC.exe“ ausgeführt. Unter anderen Betriebssystemen wird die Datei „ITC.html“ im Webbrowser geöffnet. Hierfür wird der Flash-Player benötigt (http://get.adobe.com/de/flashplayer/). Wichtig ist in beiden Fällen, dass die heruntergeladene Ordnerstruktur erhalten bleibt.

1. Modulteil: Hintergrundwissen

Nach dem Start des Lernmoduls sehen die Schüler/Innen den Einführungstext, der sie über den Inhalt und den Aufbau informiert. Im rechten Bereich des Fensters ist ein Satellitenfilm des Satelliten Envisat zu sehen. Der Film zeigt die Vegetation auf der gesamten Erde im Laufe eines Jahres. Deutlich zu erkennen ist die Verlagerung der Vegetationszonen, die im Laufe des Lernmoduls weiter erforscht werden wird. Durch das Schließen des Fensters gelangen die Schüler/Innen in den ersten Teil des Lernmoduls. Sollten Unklarheiten bezüglich der Bedienung auftauchen, lässt sich durch einen Klick auf das **Fragezeichen-Symbol** am oberen rechten Rand des Lernmoduls jederzeit eine Bedienungshilfe aufrufen.

Der erste Teil des Lernmoduls legt als **Hintergrundwissen** die Grundlagen für die spätere Arbeit mit den Satellitenbildern im zweiten Modulteil. Dieser Teil besteht aus zwei Rubriken. In der ersten werden die Begriffe „Innertropische Konvergenzzone“ und „Hadleyzelle“ erklärt und physikalisches Hintergrundwissen über die Zusammenhänge zwischen Sonneneinstrahlung, Druck, Temperatur und Regenfälle geliefert. Mit einem Klick auf den rechten grünen Balken mit der Kennzeichnung „2“ öffnet sich die zweite Rubrik, in der mit Hilfe einer interaktiven Animation das Wirkungsgefüge der Hadley-Zelle und die Verlagerung der innertropischen Konvergenzzone

Abbildung 2 Navigationsleiste des Lernmoduls

Abbildung 3 Einführung in das Lernmodul

verdeutlicht wird. Es kann jederzeit zwischen Rubrik 1 und 2 hin- und hergeschaltet werden. Nachdem sich die Schüler/Innen mit dem Hintergrundwissen beschäftigt haben, gelangen sie über einen Klick auf das Feld **Quiz** in der Navigationsleiste in einen Bereich, in dem das erlernte Wissen kontrolliert werden kann.

2. Modulteil: Anwendung

Im zweiten Modulteil erhalten die Schüler/Innen die Bilddaten und verschiedene Werkzeuge, um Zeitreihen interpretieren und vergleichen zu können (siehe Abb. 4). Zunächst öffnet sich ein Fenster mit Aufgaben, an denen sich die Schüler/Innen während ihrer Arbeit orientieren können.

Die Schüler/Innen erhalten jeweils drei Envisat-Bilder des gleichen Bildausschnitts, welche die Vegetation bzw. den Wasserdampf in der Atmosphäre zeigen. Die Aufnahmen zeigen den 01.01., 01.04. und 01.07.2011. Per drag & drop können die Bilder in das Hauptfenster gezogen werden. Im rechten Bereich des Anwendungsbereichs befinden sich die Werkzeuge, mit denen die Schüler/innen die Bilddaten vergleichen können. Unter **Linie anlegen** können die Schüler/innen pro Bild eine Linie, z.B. durch die dichteste Vegetation, den Rand der Wüste oder den dichtesten Wasserdampf, legen. Nach einem Klick auf die Schaltfläche **Pixelwerte auslesen**, werden am Mouse-Zeiger die Pixel-Werte im Bild angezeigt. Bei einem Klick auf **Bilder vergleichen** können die beiden zuletzt geöffneten Bilder miteinander verglichen werden. Die angelegten Linien bleiben in jedem Fall erhalten. So können die verschiedenen Zeitschnitte untereinander, aber auch die verschiedenen Bildarten miteinander verglichen werden.

Abbildung 4 Anwendung der Werkzeuge auf ein Vegetationsbild

Haben die Schüler/Innen die Vergleiche angestellt und die gestellten Aufgaben beantwortet, können sie durch Beantworten der Fragen im zweiten **Quiz** die Bearbeitung des Moduls abschließen.

Übersicht der Modulteile

1. Hintergrundwissen

Ziele

- Die Innertropische Konvergenzzone und die Hadley-Zelle verstehen und erklären.
- Den Zusammenhang zwischen Luftdruck, Temperatur und Regenfällen beschreiben.

Inhalte

- Innertropische Konvergenzzone
- Hadley-Zelle
- Luftdruck, Temperatur

2. Anwendung

Ziele

- Verlagerung der Innertropischen Konvergenzzone erkennen.
- Verlagerung der Vegetationszonen auf die Verlagerung der Innertropischen Konvergenzzone zurückführen.

Inhalte

- Vegetationszonen
- Zeitreihenanalyse

Stundenplanungshilfe

Hinweis: Die folgende Stundenplanung dient der Orientierung und ist nicht als bindend zu betrachten. Erweiterungen, Ergänzungen oder Weglassungen können je nach Klasse nach eigenem Ermessen vorgenommen werden.

Innertropische Konvergenzzone

Stundenziele: Die Schüler/Innen und Schüler sollen

- Die Entstehung der innertropische Konvergenzzone erklären können.
- Die Verlagerung der Vegetationszonen mit der Innertropischen Konvergenzzone verbinden.
- Zeitreihen interpretieren und analysieren.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	• Erläuterungen zur Unterrichtseinheit/ Modul • Hintergrundwissen zur Thematik	• Lehrervortrag • Computer, Lernmodul (Modulteil I)
Anwendung	• Visuelle Analyse eines Satellitenbildes • Anwendung der Analysehilfsmittel	• Gruppenarbeit (zu zweit) • Material: Computer, Lernmodul (Modulteil I)
Ergebnis-sicherung	• Vergleich der Vegetations- und Wasserdampfverlagerung	• Gruppenarbeit (zu zweit) • Material: Computer, Lernmodul (Quiz)