

Unterrichtsmaterialien zum Thema

Atmosphärische Zirkulation

JAHRGANGSSTUFE 11

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

universitätbonn Geographie

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

DLR

Übersicht

Jahrgangsstufe 11

Niveau ●●○○○

Zeitbedarf 2 – 3 Stunden

Autoren Roland Goetzke

Ziele
Die Schüler/Innen sollen...

- Bilder von Wettersatelliten interpretieren und daraus Teilsysteme der atmosphärischen Zirkulation herleiten,
- verschiedene Druck- und Wolkengebilde unterscheiden und sie Klimazonen zuordnen,
- die Grundlagen der atmosphärischen Zirkulation beschreiben.

Themen

Atmosphärische Zirkulation | globale Windsysteme | Aufgaben von Wettersatelliten | Wetter | innertropische Zirkulation | Klima | außertropische Westwindzirkulation | Wolken

Medien & Material

MeteoViewer.exe / MeteoViewer.swf | Overheadprojektor | Didaktischer Kommentar | Arbeitsblätter | Musterlösungen | Folien

Didaktischer Kommentar

Einbindung in den Lehrplan & Umsetzung der Unterrichtseinheit

Alle reden vom Wetter. Das ist auch verständlich, denn es beeinflusst unser Leben in vielerlei Hinsicht. Aber wie kommt es zustande? Warum jagt bei uns in Deutschland oft ein regenreiches Tiefdruckgebiet das nächste, während wir zu anderen Zeiten unter langanhaltender Hitze leiden? Und wieso unterscheiden sich die Jahreszeiten bei uns so stark, während es in manchen Regionen der Tropen kaum erkennbare Jahreszeiten gibt? Die atmosphärische (oder auch planetarische) Zirkulation ist eine der Hauptantriebskräfte im globalen Klimasystem und koppelt zugleich die regionalen Wetterzustände weltweit. Die großen globalen Windsysteme gleichen dabei die Energieunterschiede auf der Erde aus, die dadurch zustande kommen, dass in den äquatornahen Regionen der Erde von der Sonne viel mehr Energie pro Fläche zugeführt wird als an den Polen.

Der **Lehrplan Erdkunde** für die 11. Klasse in Nordrhein-Westfalen sieht im Themenfeld „Raumstrukturen und raumwirksame Prozesse in der Wechselwirkung von natürlichen Systemen und Eingriffen des Menschen“ die Behandlung von Themen wie atmosphärischer Zirkulation und Wetter vor (zur Lehrplaneinbindung in den einzelnen Bundesländern siehe Tab. 1). In der vorliegenden Unterrichtseinheit dient eine Animation aus Satellitenbildern dazu, verschiedene Wetterphänomene zu beobachten und Teilsysteme der atmosphärischen Zirkulation zu identifizieren.

Ziel der Unterrichtseinheit „Atmosphärische Zirkulation“ ist es, die globalen Zusammenhänge des Wettergeschehens zu verstehen. Es sollen die raumzeitliche Verteilung unterschiedlicher Wolkentypen im Verlauf eines Tages beobachtet und daraus Rückschlüsse auf großräumige Windsysteme gezogen werden. Die Satellitenbildanimation dient dabei als Diskussionsgrundlage (z.B. über Konvektions- und Advektionsprozesse) und soll die Schüler/Innen zur Bildung eigener Hypothesen über Wetterphänomene und atmosphärische Ausgleichsströmungen anregen.

Die folgenden Vorkenntnisse sind bei der Bearbeitung der Unterrichtseinheit wünschenswert, aber nicht zwingend erforderlich:

- Aufbau der Atmosphäre (Druck, Stockwerkverteilung der Atmosphäre, Troposphäre als Schicht des Wettergeschehens)
- Wasser in der Atmosphäre (Verdunstung, Kondensation, relative Feuchte)
- Lufttemperatur

Inhaltlicher Hintergrund

Die atmosphärische Zirkulation bzw. die Gesamtheit der atmosphärischen Zirkulationssysteme bestimmt in gegenseitiger Wechselwirkung das Wettergeschehen auf der Erde. Die Zirkulationssysteme entstehen dadurch, dass aufgrund der Kugelform der Erde und der Schiefe der Ekliptik die Energie der Sonne ungleich auf die Erde einstrahlt. In der Atmosphäre entstehen Ausgleichsströmungen, die diesem Energiegefälle entgegenwirken. In der Regel nähert man sich dieser Thematik mit Modellvorstellungen über die atmosphärische Zirkulation auf der Makroskala. Diese Modelle beinhalten Windsysteme wie die Hadley-Zelle (Passatzonen), die Ferrel-Zelle (Westwinddrift), die Innertropische Konvergenzzone und die Polarfront.
In der vorliegenden Unterrichtseinheit hingegen soll nicht von Modellen auf das Wettergeschehen geschlossen werden. Vielmehr sollen die Schüler/Innen induktiv aus dem beobachteten Wettergeschehen eigene Modellideen ableiten. Animierte

Tabelle 1 Thematische Einbindung in den Lehrplan nach Bundesländern

Bundesland	Klasse	Thema
Baden-Württemberg	10 12/13	Atmosphärische Prozesse Atmosphäre
Bayern	11	Der blaue Planet und seine Geozonen (Atmosphäre)
Berlin	11	Erde als vernetztes System
Brandenburg	11	Geosphäre/ Landschaftssphäre
Bremen	11	Räume, Strukturen und Prozesse als Grundfragen der Geographie
Hamburg	11	Atmosphäre, Klima und Wetter
Hessen	11	Raumprägende Strukturen und Prozesse
Mecklenburg-Vorpommern	9	Geosphäre - Nutzen, Gefährdung & Schutz
Nordrhein-Westfalen	11	Raumwirksame Prozesse
Saarland	10 11	Klimatologische Grundlagen Klimatische Aspekte
Sachsen	11	Atmosphärische Prozesse
Sachsen-Anhalt	10	Klima
Thüringen	11	Atmosphärische Prozesse

Satellitenbilder des europäischen Wettersatelliten Meteosat dienen dazu, bestimmte Wolkenmuster und Strömungsrichtungen zu identifizieren. Sie sollen die Schüler/Innen dazu anregen, eigene Hypothesen über großräumige Windsysteme aufzustellen, wodurch sie letztendlich den globalen Energiegegensätzen auf die Spur kommen.

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 und entsprechend Bilder von diesem Ausschnitt liefern. Infolgedessen liegt ein bedeutender Vorteil der Fernerkundung gegenüber klassischen Feldmessungen in der kostengünstigen Informationsbeschaffung, ohne direkt vor Ort sein zu müssen.

Bildaufnahme - wie entstehen Farbbilder?

Das Satellitenbild entsteht durch die Aufnahme von Strahlung, die von der Erdoberfläche reflektiert wird. Zuerst trifft die von der Sonne ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung (sichtbar und nicht sichtbar) auf die Erde. Trifft die Strahlung nun auf die Oberfläche, so werden je nach Beschaffenheit Teile von der Strahlung durchdrungen (Transmission), aufgenommen (Absorption) und zurückgeworfen (Reflexion). Die reflektierte Strahlung enthält Informationen über die Art und Eigenschaften der Oberfläche. Außerdem geht von Objekten selbst (Wärme-) Strahlung aus (Emission). Das Besondere ist also, dass jedes Objekt (in Abhängigkeit seiner physikalischen Eigenschaften) 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, beispielsweise separat für die drei Bereiche des sichtbaren Lichts blau, grün und rot und den Bereich des infraroten Lichts. Die einzelnen aufgenommenen Bereiche bzw. Kanäle kann man dann am Computer so miteinander kombinieren, dass Farbbilder entstehen.

Der Satellit Meteosat (Meteosat Second Generation)

Der europäische Wettersatellit Meteosat-8 (Meteosat Second Generation) ist ein geostationärer Satellit, der seine Position in ca. 36.000 km Höhe direkt über dem Äquator hält. Das bedeutet, dass er die Erde in annähernd 24 Stunden umrundet, was der Erdrotation entspricht. Der Vorteil eines solchen Satelliten besteht darin, dass er immer den gleichen Abschnitt der Erdoberfläche aufnimmt und daher in hoher zeitlicher Abfolge Bilder des gleichen Gebietes erzeugt. Meteosat nimmt alle 15 Minuten ein Bild auf, wodurch er sich besonders für die Beobachtung und Vorhersage des Wettergeschehens eignet. Ein Bildpunkt entspricht 1 km Auflösung, wobei der Satellit Strahlung in 12 Spektralkanälen aufnimmt. Zwei Kanäle liegen im sichtbaren Licht, einer im nahen Infrarot, acht im Infrarot und einer nimmt in höherer räumlicher Auflösung ein Graustufen-Bild über einen breiten Spektralbereich (panchromatisches Licht) auf. Mit den unterschiedlichen Spektralkanälen wird gewährleistet, dass unterschiedliche Wolkenarten erkannt und Wolken von Schneeflächen unterschieden werden können. Die hier gezeigten Bilder stammen vom 06.06.2007. Sie wurden am Zentrum für Fernerkundung der Landoberfläche (ZFL) der Universität Bonn empfangen und aufbereitet.

Inhalt, Aufbau & Ziele der Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit „Atmosphärische Zirkulation“ ist in zwei Bereiche untergliedert und lässt sich dementsprechend in zwei bis drei Schulstunden durchführen. Zentrales Element der Unterrichtseinheit ist das Analysewerkzeug MeteoViewer. Im MeteoViewer läuft ein Film aus Einzelaufnahmen des Wettersatelliten Meteosat vom 06.06.2007 ab. Der MeteoViewer verfügt über einige Funktionen, welche die intensive Betrachtung des Bildmaterials erleichtern sollen: Starten/ Anhalten des Films, interaktives Vor- und Zurückspulen, Abspielen in einer Dauerschleife, Überlagern mit Ländergrenzen, Vollbildmodus, Informationen (Abb. 1). Durch das aktive und selbstständige Arbeiten mit dem MeteoViewer wird den Schüler/Innen Raum zu einer intensiven Auseinandersetzung mit der Thematik gegeben. Für die Bearbeitung der Unterrichtseinheit wird ein Arbeiten in Kleingruppen (zwei Personen) empfohlen, da die Schüler/Innen so ihre Erfahrungen und Ergebnisse gemeinsam reflektieren und diskutieren können.

In der ersten Stunde wird der MeteoViewer verwendet, um verschiedene Wetterphänomene unmittelbar am Bildmaterial zu besprechen. Anhand der Animation und mit Hilfe eines Arbeitsblattes werden Unterschiede zwischen verschiedenen Wolkentypen aufgedeckt. Auf diese Weise können bereits erste Erkenntnisse über die globale Verteilung von Wolken- und Windsystemen abgeleitet werden, ohne über deren Entstehung und Zusammenhänge

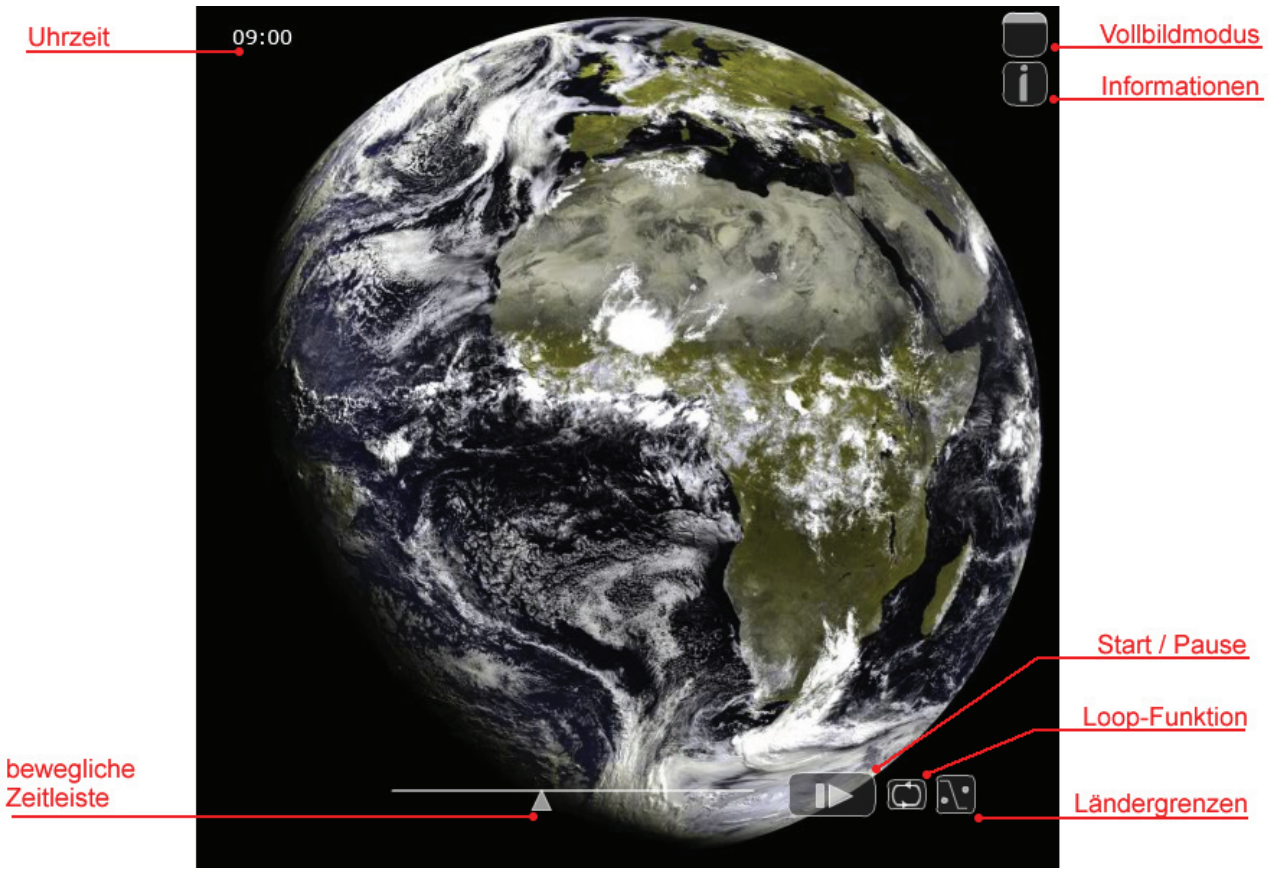


Abbildung 1 Funktionen des MeteoViewers

Kenntnisse zu haben. Es können erste Hypothesen gebildet werden, die dann im späteren Verlauf der Unterrichtsreihe überprüft werden. In der zweiten Stunde findet eine Problematisierung statt, in deren Verlauf aufgedeckt wird, dass beispielsweise in Regionen, in denen Konvektionsprozesse auftreten müssten, keine Wolken zu finden sind. Über diese Frage erhält man Hinweise über globale Austauschprozesse, die Passatzirkulation und die planetarische Frontalzone. Die Unterrichtseinheit ist als Einstieg in das Thema „atmosphärische Zirkulation" konzipiert und behandelt daher das Thema nicht umfassend. Sie soll vielmehr dazu dienen, Modellkonzepte wie die Hadley-Zelle oder die Ferrel-Zelle im Anschluss leichter nachvollziehen zu können. Auch das Verständnis der Coriolis-Kraft als wichtige Komponente der globalen Zirkulation oder der Entstehung von Tiefdruckgebieten an der planetarischen Frontalzone sollen durch diese Unterrichtseinheit und die Visualisierung durch den Satellitenfilm unterstützt werden.

1. Stunde: Das Wettergeschehen im Satellitenbild

Zu Beginn der ersten Stunde sollen sich die Schüler/Innen zunächst mit dem MeteoViewer und seinen Funktionen sowie dem darin enthaltenen Bildmaterial vertraut machen. Anhand der Animation können verschiedene Wetterphänomene entdeckt, beschrieben und interpretiert werden. Zum Einstieg in die Interpretation wird zunächst auf die unterschiedlichen Wolkentypen eingegangen, die in den Bildern zu entdecken sind. Hierzu steht Folie 1 zur Verfügung. Mit den Fragen auf Arbeitsblatt 1 können die Schüler/Innen Wolkentypen Regionen der Erde zuordnen und erste Ideen zur Entstehung dieser Wolken sammeln. Die im Film zu beobachtenden raumzeitlichen Veränderungen der Wolkengebilde sollen in die Beantwortung der Fragen einbezogen werden. Vor allem im Bereich der Innertropischen Konvergenzzone sollen die Wolken mit Aufstiegsbewegungen in Verbindung gebracht werden (warme Luft steigt auf!).

Die Schüler/Innen sollen rein deskriptiv die Abbildungen mit dem kombinieren, was sie zuvor in dem Satellitenfilm gesehen haben. Auch ihre persönlichen Erfahrungen mit Wolken können hier weiterhelfen. Sie kennen in der Regel Wolken nur „von unten“. Die Schüler/Innen sind jedem der drei Wolkentypen bereits begegnet, nämlich den mächtigen großflächigen Nimbostratus-Wolken bei lang anhaltenden Schlechtwetterperioden, im Sommer eher den Schäfchenwolken (Cumulus), die denen in Bild 2 ähneln und aus denen erfahrungsgemäß kein Regen fällt, sowie den mächtigen, schnell aufsteigenden Gewitterwolken (Cumulonimbus). Bei der Beantwortung der letzten Frage hilft der Satellitenfilm weiter, auf dem man durch die zusätzliche Bewegungskomponente die Wolkenarten besser identifizieren kann.

Bei der intensiven Betrachtung der Animation fallen mehrere Phänomene auf, die von den Schüler/Innen entdeckt werden sollten und gemeinsam diskutiert werden können:

1. Tag-Nacht-Grenze und Schiefe der Ekliptik

Die Grenze zwischen Tag und Nacht verschiebt sich vormittags von Ost nach West. Später bricht die Nacht von Osten her wieder über den sichtbaren Teil der Erdkugel herein (Abb. 2). Die Grenze zwischen Tag und Nacht verläuft schräg und der äußerste Norden erhält immer Licht von der Sonne. Dies hängt mit der Schiefe der Ekliptik zusammen, die zusammen mit der Erdbahn für die Entstehung der Jahreszeiten verantwortlich ist. An dem Tag, an dem das Bild aufgenommen wurde, herrschte auf der Nordhalbkugel Sommer. Da der Satellit senkrecht auf den Äquator blickt, erscheint für ihn die Erde „grade“; erst durch den Schatten der von der Sonne abgewandten Seite erkennt man die Neigung der Erde.

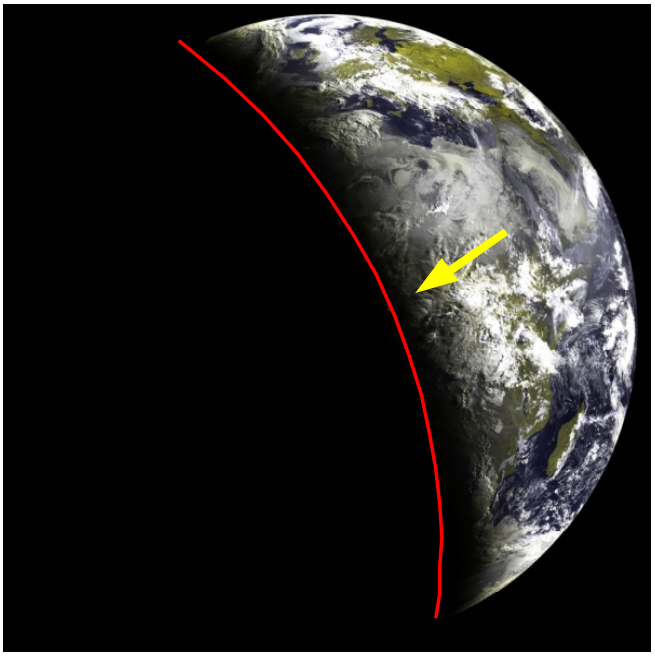


Abbildung 2 Tag-/Nachtgrenze und Schiefe der Ekliptik (rot)

Die Schiefe der Ekliptik hat fundamentale Auswirkungen auf den Strahlungs- und Energiehaushalt der Erde. Mit Hilfe eines Telluriums oder eines entsprechend gezeichneten Tafelbildes lassen sich die solaren Klimazonen im Unterricht sehr gut erklären. Anhand des Satellitenfilms kann an dieser Stelle auf die Entstehung von Jahreszeiten (sowie Regen- und Trockenzeiten) eingegangen werden.
Die atmosphärische Zirkulation gleicht zusammen mit den Meeresströmungen die Wärme- und Energieunterschiede aus, die durch die Ungleichverteilung der Sonneneinstrahlung zustande kommen. Ohne den großräumigen Transport fühlbarer und latenter Wärme würde die mittlere Temperatur am Äquator +39°C und an den Polen -44°C betragen. Die unterschiedlichen Strahlungsverhältnisse auf der Erde, die aufgrund der Kugelgestalt und der Schiefe der Ekliptik herrschen, führen zusammen mit der Rotation der Erde zu charakteristischen Strömungsmustern, die im weiteren Verlauf diskutiert werden.

2. Wolkenverteilung als Indikator für Zirkulationssysteme

Betrachtet man die Wolken auf dem Meteosat-Film, so fallen zwei Dinge auf: Zum einen die ungleiche Verteilung der Wolken, zum anderen deren Bewegung. Als völlig wolkenfreie Gebiete kann man die Sahara und die Arabische Wüste erkennen, die sich in ihren grau-gelblichen Farbtönen gut als Wüsten identifizieren lassen (Abb. 3). Wolkenfrei sind ebenfalls das südwestliche Afrika, Teile Brasiliens, das Mittelmeer, sowie Osteuropa. In weiten Teilen wolkenfrei sind Gebiete des atlantischen Ozeans, vor

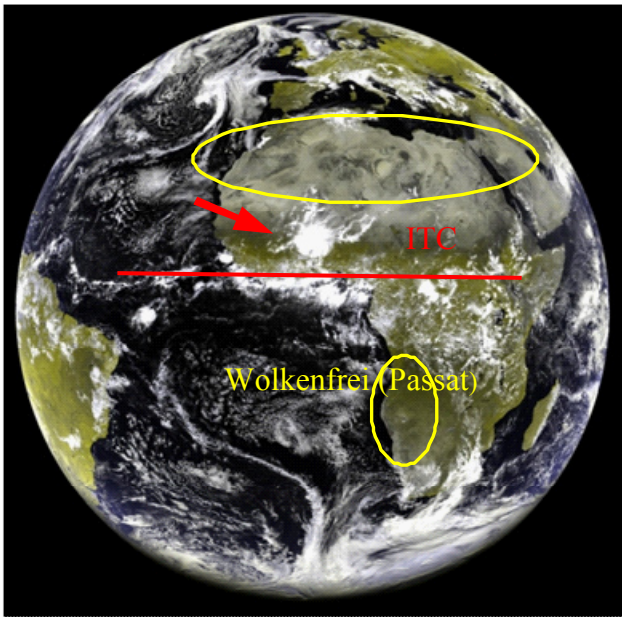


Abbildung 3 Wolkenverteilung im Meteosat-Bild

allem auf Höhe des Äquators.
Dank der Bewegung lassen sich bestimmte Zonen an Wolkenformationen erkennen. Ein Band, das aus einzelnen eher kleinräumigen Wolkenclustern besteht, zieht sich vom östlichen Afrika äquatorparallel bis Südamerika. Direkt nördlich davon befindet sich über Westafrika ein großes Wolkengebiet, das bis in die Sahara hineinreicht. Sowohl das Wolkenband, als auch das große nördlich gelegene Wolkengebiet haben eine Ost-West-gerichtete Bewegungskomponente. Anhand dieser vier Beobachtungen (1. wolkenfreie Gebiete nördlich und südlich des Äquators, 2. äquatorparalleles Wolkenband, 3. große Wolkengebiete direkt nördlich dieses Bandes, 4. östliche Bewegungskomponente), lässt sich die innertropische Zirkulation diskutieren. Die Hadley-Zelle mit dem Passatkreislauf, der Innertropischen Konvergenzzone (ITC) und der Ausprägung von Regen- und Trockenzeiten, wird im Verlauf der nächsten Stunden behandelt.
Bei einem Blick auf Europa fällt zunächst ein großes lang gestrecktes Wolkenband auf, das sich westlich von Spanien über dem Atlantik befindet. Dieses Wolkenband gehört zu einem größeren Komplex, der sich gegen den Uhrzeigersinn bewegt. Das Wolkenband vollzieht dabei eine West-Ost-Bewegung, während die Wolken nördlich des Komplexes eher in Ost-West-Richtung verlaufen.

Eine ähnliche Struktur lässt sich auf dem Südatlantik beobachten, wobei das lange Wolkenband sehr deutlich ausgeprägt ist. Das Zentrum dieses Wolkenkomplexes liegt allerdings zu weit südlich, um von dem Satelliten aufgenommen zu werden. Hier liegen die Bereiche der außertropischen Westwindzirkulation, wo in der sogenannten Frontalzone die Hauptaustauschprozesse zwischen polarer Kaltluft und tropischer Warmluft stattfinden. Das Wettergeschehen in dieser Zone ist geprägt von dynamischen Tief- und Hochdruckgebieten (Abb. 4). Auf die außertropische Westwindzirkulation wird im weiteren Verlauf näher eingegangen.

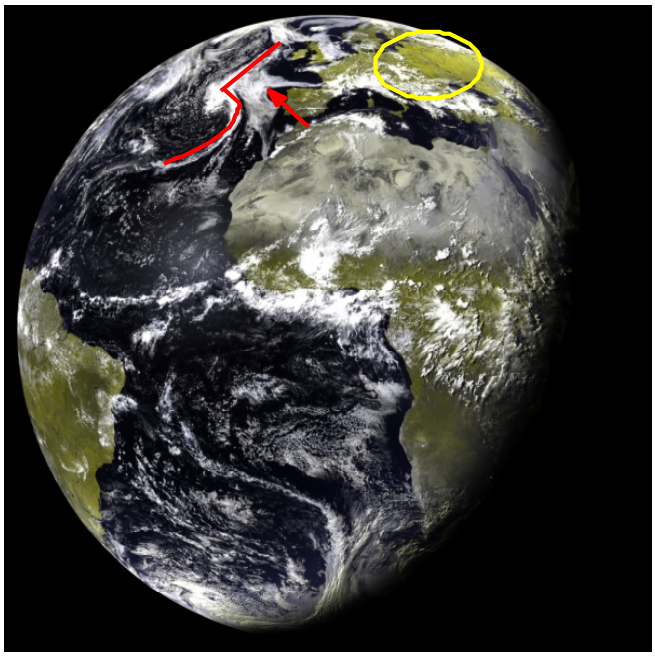


Abbildung 4 Dynamische Tief- und Hochdruckgebiete in der außertropischen Westwindzirkulation

3. Weitere Beobachtungen

Über die beschriebenen Beobachtungen hinaus, sieht man in dem Film auch andere Phänomene, die den Schüler/Innen möglicherweise auffallen.
Dazu gehören die Wolkengebiete nördlich des östlichen Mittelmeeres, die Tatsache, dass sich gegen Abend über der westlichen Sahara große Wolkenfelder bilden oder die abendliche Spiegelung der Sonne auf dem Atlantik („Sunglint“). Gerade der letzte Punkt regt zum Diskutieren an.

Zum einen kann das Phänomen aus physikalischer Sicht betrachtet werden (Spiegelung/ Reflexion). Zum anderen lässt sich anhand des Verlaufs des „Sunglints" der Zenitstand der Sonne abschätzen und in diesem Zuge die Themen Innertropische Konvergenzzone und Jahreszeiten/ Regenzeiten besprechen.

2. Stunde: Konvektion und Advektion

Aus den Erkenntnissen der ersten Stunde werden in der zweiten Stunde Probleme abgeleitet. Es

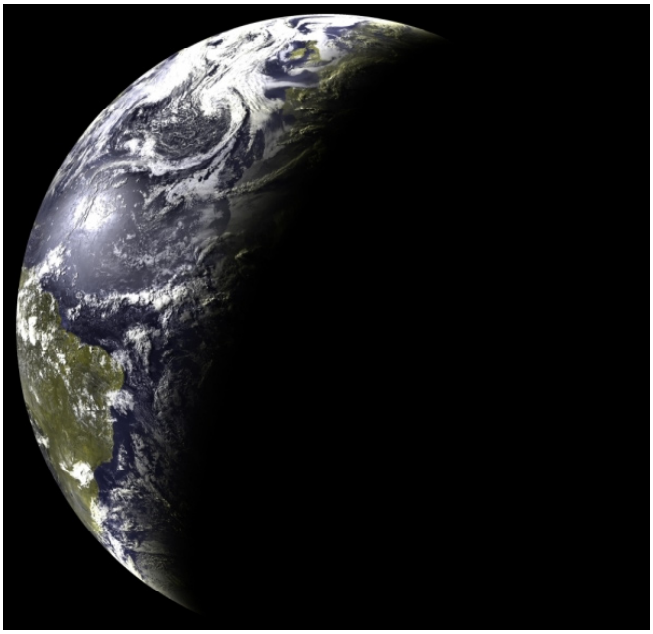


Abbildung 5 "Sunglint" auf dem Atlantik

wurde bereits geklärt, aus welchen Wolken Regen fällt und in welchen Regionen diese anzutreffen sind. Für den Fall der tropischen Cumulonimbus-Wolken ist die Erklärung schnell gefunden: Warme Luft steigt auf, dabei kühlt sie ab, kann nicht mehr so viel Wasser halten und kondensiert. Beispiele hierfür aus der realen Umwelt der Schüler/Innen sind schnell gefunden. Zur Vertiefung können die Themen Verdunstung, Kondensation, Sättigungs- und Taupunktkurve, sowie der vertikale Temperaturgradient behandelt werden. Die Folien 2 und 3 sowie die Arbeitsblätter 2 und 3 behandeln Phänomene der Tropen und Außertropen (Abb. 6). Die Arbeitsblätter können jeweils parallel in Kleingruppen bearbeitet und die Ergebnisse später zusammengetragen werden. Um die Fragen auf diesen Arbeitsblättern vollständig zu beantworten, reichen die Erkenntnisse aus der ersten Stunde nicht vollständig aus. Zum einen lässt sich mit der Erklärung „warme Luft steigt auf" nicht die Wolkenverteilung in den Außertropen erklären. Die Erfahrung der Schüler/Innen zeigt, dass „Wärme" eher mit trockener Luft assoziiert wird und bei Niederschlag eher an kalte Luft gedacht wird. Zum zweiten reicht diese Erklärung auch nicht für die Verhältnisse in den Tropen aus, wo gerade die extrem heißen Gebiete wolkenfrei sind.
Anhand des Bildausschnittes der Außertropen (Arbeitsblatt 2) können Hoch- und Tiefdruckgebiete erklärt werden. Dabei sollten die Antworten der Schüler/Innen bzgl. der Bewegungsrichtungen der Wolkenbänder sowie der warmen und kühlen Zonen einen Einstieg bieten. Frage 1 und 3 lassen sich nicht direkt aus dem Bild ablesen. Hier ist es hilfreich zunächst zu klären, aus welcher Jahreszeit die Bilder stammen. Hinweise liefern die Lage der Tag-Nacht-Grenze (der Nordpol ist immer sonnenbeschienen) und das Wolkenband der Innertropischen Konvergenzzone, das sich nördlich des Äquators befindet.

Aufbauend auf den neuen Erkenntnissen können folgende Punkte angesprochen werden:

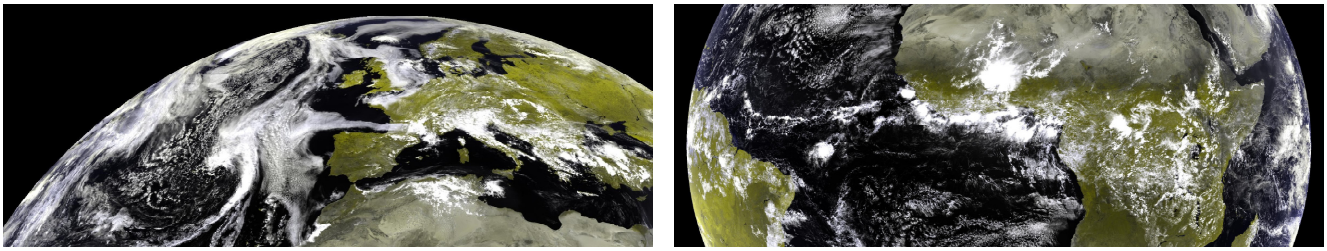


Abbildung 6 Außertropische und tropische Zirkulation im Detail des Meteosat-Bildes

- Absinken von Luftmassen als Ausgangspunkt von Hochdruckgebieten
- Aufgleiten und Anheben von Warmluft in Tiefdruckgebieten
- vertikaler Temperaturgradient
- adiabatische Temperaturzu- und -abnahme

Um die von den Schüler/Innen gemachten Aussagen zu verifizieren, stehen optional die Folien 2a und 2b zu Verfügung, die Karten zur Druckverteilung, Bewölkung und Temperatur am Tag der Aufnahme der Satellitenbilder enthalten (Abb. 7 und 8).

Der Bildausschnitt der Tropen (Abb. 6) wirft das Problem auf, dass eigentlich warme Regionen, die Konvektion und damit Wolkenbildung aufweisen müssten, völlig wolkenfrei sind. Das bisher Gelernte (adiabatisches Absinken von Luftmassen, vertikaler Temperaturgradient) kann zur Lösung des Problems (Inversionsschicht) beitragen. Der Bereich um den Äquator bietet eindrucksvolle Wolkenbewegungen im Satellitenfilm. Die Schwierigkeit bei der Beantwortung der Fragen besteht für die Schüler/Innen

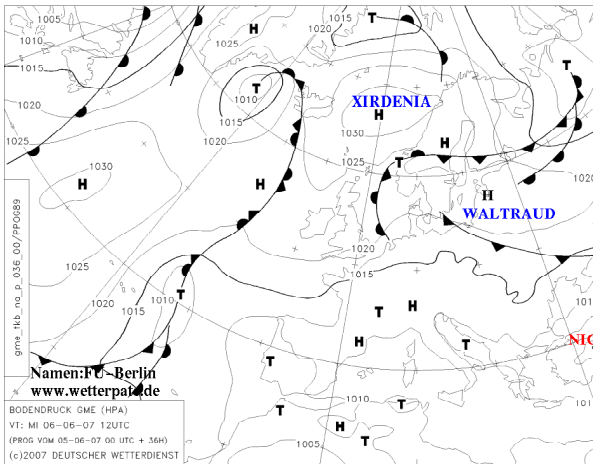


Abbildung 8 Bodendruckkarte vom 06.06.2007 (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

darin, dass sie das Prinzip der Hadley-Zelle und der Innertropischen Konvergenzzone noch nicht kennen. Daher können sie zunächst nur auf einer deskriptiven Ebene bleiben. Zusammenfassend sollte herausgearbeitet werden, dass es sich bei dem Wettergeschehen in den Tropen um konvektive Prozesse handelt und in den Außertropen um advektive Prozesse.

Durch das Absinken von Luftmassen und die damit verbundene adiabatische Temperaturzunahme kann die Ausbildung der Passatinversionsschicht erklärt werden. *Arbeitsblatt 4* dient dazu, diesen Bereich

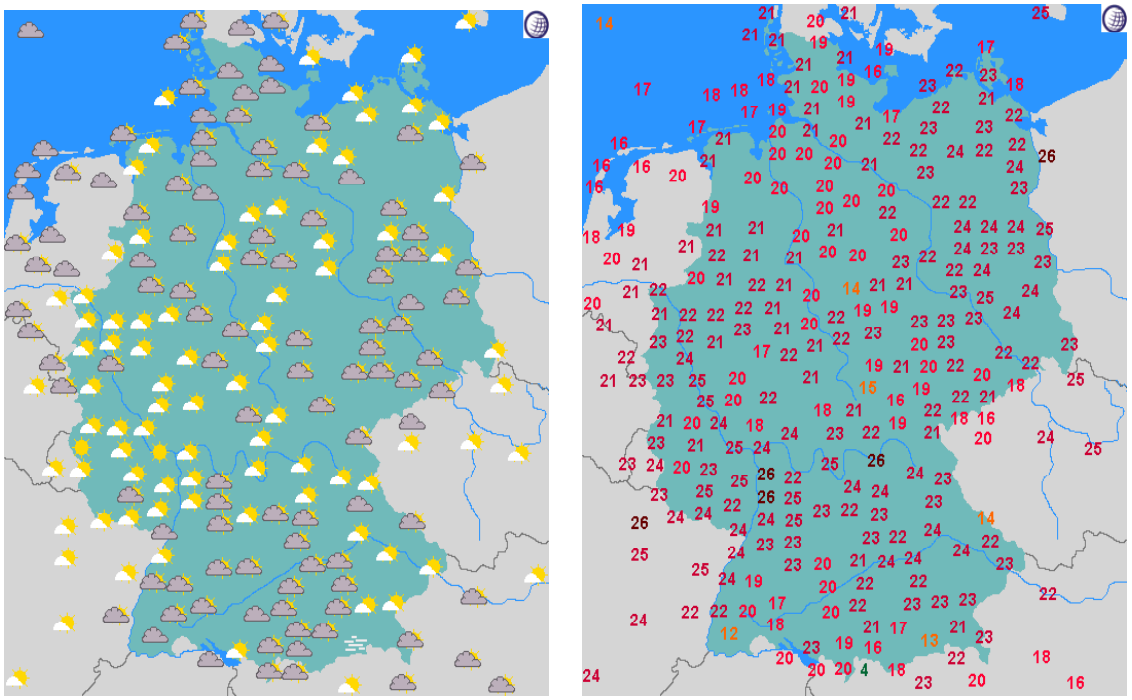


Abbildung 7 Wetter und Temperatur am 06.06.2007 in Deutschland (Quelle: http://www.wetteronline.de)

als etwa das Gebiet zwischen dem Äquator und den Wendekreisen zu verorten. Durch die Einteilung der Weltkugel in vier Abschnitte lassen sich die großen Teilsysteme der atmosphärischen Zirkulation leichter identifizieren.

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.

Stunde 1: Das Wettergeschehen im Satellitenbild

Stundenziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen

- die wesentliche Gliederung der atmosphärischen Zirkulation im Satellitenbild erkennen.
- die wichtigsten Druckgebilde der Atmosphäre beschreiben.
- verschiedene Wolkenarten unterscheiden und erklären.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	• Erläuterung der Unterrichtseinheit	• Lehrervortrag
Erarbeitung I	• Satellitenbildanimation (MeteoViewer) • Interpretation von Phänomenen der atmosphärischen Zirkulation	• Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, MeteoViewer
Erarbeitung II	• Unterscheidung von Wolkentypen und deren regionale Zuordnung	• Gruppenarbeit (zu zweit), Klassengespräch • Arbeitsblatt 1, Overhead-Projektor, Folie 1

Stunde 2: Konvektion und Advektion

Stundenziele: Die Schülerinnen und Schüler sollen

- den grundlegenden Aufbau von Hoch- und Tiefdruckgebieten erklären.
- den vertikalen Temperaturgradienten beschreiben.
- die Bewegungsrichtung von Hoch- und Tiefdruckgebieten in der außertropischen Westwindzone beschreiben.

Phase	Inhalt + Feinziele	Durchführung/ Material
Einführung	• Klärung offener Fragen aus der ersten Stunde • Fortsetzen der Gruppenarbeit am zuletzt bearbeiteten Punkt	• Klassengespräch
Erarbeitung I	• Wettergeschehen der Tropen und Außertropen	• Gruppenarbeit (zu zweit), Klassengespräch • Computer, MeteoViewer, Arbeitsblätter 2 und 3, Folien 2, 2a, 2b und 3
Erarbeitung II	• Klärung der Begriffe Konvektion, Advektion, adiabatische Temperaturzu- und -abnahme, Tief- und Hochdruck	• Gruppenarbeit (zu zweit) • Computer, MeteoViewer, Arbeitsblatt 4