



4.2 Das tropische Wetter

Die Interpretation von aktuellen Satellitenbildern aus dem Internet ermöglicht vertiefte Einsichten in das tropische Wetter und festigt theoretisch erworbene Kenntnisse über das tropische Klima.

4.2.1 Sachinformation

Die tropischen Klimaverhältnisse unterscheiden sich stark von jedem außertropischen Klima. Kennzeichnend für das Wettergeschehen in den Tropen sind die konstant hohen Temperaturen, das Tageszeitenklima mit einer höheren Temperaturamplitude im Tages- als im Jahresverlauf, die viel höhere Einstrahlung als in den gemäßigten Breiten, die hohe Verdunstung über Land und Meer, die punktuelle Verteilung der Regengebiete unter hochragenden Gewitterwolken, die dem Zenitstand der Sonne zeitlich versetzt folgenden Zenitalregen, der niedrige Luftdruck im Bereich der ITC, während nördlich und südlich der ITC Trockengebiete mit höherem Luftdruck liegen. Das folgende **Satellitenbild F 17** bestätigt einige wesentliche Merkmale.

a. Das Satellitenbild und seine Aufbereitung

Das **Satellitenbild** auf **Folie F 15** vom 19. Juni 1999, 6.00 UTC (Internet-Quelle: http://www.ssec.wisc.edu/data/comp/latest_cmoll.gif), herausgegeben vom Space Science and Engineering Center (SSEC) der University of Wisconsin zeigt ein zusammengesetztes globales Wetterbild und kombiniert Wolkenhöhen, synoptische Wetter-Beobachtungen auf dem Land und von Satelliten gewonnene Meeresoberflächentemperaturen. Das Wolkenbild ist eine Kombination aus GMS-, GOES-8- und Meteosat-Bilddaten.

Ein Rechenalgorithmus vergleicht Meeresoberflächentemperaturen oder Landtemperaturen mit den von den Satelliten erhaltenen Infrarot-Temperatur-Daten. Mit Hilfe des Algorithmus werden Wolkenobergrenze-Temperaturen angenommen, wenn eine Infrarot-Temperatur mehr als 14° Kelvin kälter als die Oberflächentemperatur ist. Dieser Algorithmus verbessert die Bewölkungs- bzw. Nicht-Bewölkungs-Klassifikation, indem er Stratuswolken über dem Meer einschließt, aber sehr kalte, wolkenlose Gebiete wie die Polarregionen ausfiltert.

b. Bildaussage

Im Satellitenbild **F 15** sind im Bereich der Tropen erkennbar:

- das nördlich des Äquators liegende **Wolkenband der ITC** mit aufsteigenden Luftmassen;
- der geschwungene unterschiedliche **Verlauf der ITC** über Meer und Land;
- die **Aufspaltung der ITC** über der Karibik bis weit in den Atlantik, die sehr starke Aufspaltung im Indischen Ozean (SW-Monsun), in SO-Asien und im westlichen Pazifik (Lage und Größe der Landmassen bzw. Inseln);
- der zelluläre **Aufbau der ITC** mit stärkeren Verdichtungen über Land in Mittelamerika, W-Afrika und S- und SO-Asien (Hinweis: viele einzelne lokale Gewitter);
- die hoch aufragende **Bewölkung** im Bereich der ITC;
- die besonders starke **Ausprägung des Monsuns** über Vorderindien und Ostasien in diesem Jahr;
- die **hohen Meerestemperaturen** mit über 25° C im Bereich der ITC und südlich davon;
- die **hohen Temperaturen** im tropischen Bereich, die höchsten Temperaturen allerdings am Rand der Tropen im altweltlichen Trockengürtel mit über 35°C außerhalb der ITC.

Am **Beispiel Afrikas** erkennt man deutlich und unverfälscht:

- das dem Sonnenhöchststand verzögerte und räumlich weniger ausgedehnte Nachfolgen der ITC;
- die Trockengebiete außerhalb der ITC am Rande der Tropen;
- die Konzentration des Wolkenbands der ITC auf den westlichen Teil (Äquatorialafrika), während der östliche Teil viel schwächere Bewölkung zeigt (Gebirge, Höhenlage, Herkunft der Passate).

4.2.2 Das Thema im Unterricht

a. Lehrplanbezug

Das Thema steht in den erdkundlichen Lehrplänen der Mittelstufe sowie des Grund- und Leistungskurses in der Oberstufe. Ohne Kenntnis des tropischen Passatkreislaufs bzw. des täglichen tropischen Wetters lässt sich das Naturpotential (Klima der Tropen, Böden, Vegetationszonen, Wetterkatastrophen) und das Ökosystem der Tropen (Landnutzungsformen, Probleme der Landnutzung) nicht verstehen.

Darüber hinaus gehört bereits heute die Fähigkeit, notwendiges Material aus dem Internet zu beschaffen, zu den wünschenswerten Grundfertigkeiten eines jeden Schülers, die geübt werden müssen. Wetter-Satellitenbilder aus dem Internet ersetzen zwar nicht ganz die Anschauung vor Ort, besitzen aber Aktualität und erlauben einen wünschenswerten großräumigen Überblick. Satellitenbilder zeigen deutlich, dass tropisches Wetter in seiner hygrischen Komponente räumlich und zeitlich sehr unterschiedlich sein kann und erst in seiner Summe und Mittelung das generalisierte Klima der Tropen mit Regen- und Trockenzeiten und dem „Band“ der ITC (vgl. Atlanten) ergibt. Sehr deutlich wird in Satellitenbildern auch der Zusammenhang zwischen Zenitstand, ITC und Niederschlag. Mit geeigneten Internetadressen lassen sich bald Satellitenbilder um aktuelle Web-Kamerabilder vom momentanen Wettergeschehen sowie um Wettersimulationen ergänzen und so das tropische Wetter im Unterricht noch anschaulicher gestalten.

b. Einsatz im Unterricht

Die Nutzung dieses Satellitenbilds dient zur Festigung und Vertiefung der vorher im Unterricht erworbenen Kenntnisse zum Themenbereich „Tropisches Klima und Wetter“, denn viele Wetter-Phänomene dieses Satellitenbilds lassen sich nur mit Vorwissen erkennen und interpretieren. **Voraussetzungen** zum Einsatz des Satellitenbildes sind deshalb:

- Grundkenntnisse über das tropische Klima (Tageszeitenklima, konstant hohe Wärme, zeitverzögertes Temperaturmaximum nach dem Sonnenhöchststand);
- Kenntnisse über den Verlauf des tropischen Klimas an bestimmten Orten (Änderung der Temperaturamplitude sowie von Niederschlagsmenge und -verlauf in den Inner- und Randtropen);
- Grundkenntnisse über den Verlauf der ITC über Land und Meer, über die Zweiteilung der ITC an geeigneten Stellen sowie die starke Meeresoberflächenerwärmung und -verdunstung im Bereich der inneren Tropen;
- die Entstehung des tropischen Klimas oder des Monsuns über Indien und Ostasien (Hinweis: dies kann auch im Nachhinein erklärt werden).

Worin liegt der **Wert der Benutzung** dieses Satellitenbilds im Unterricht? Es zeigt Phänomene, die man sonst im Unterricht nur theoretisch anspricht oder gar vergisst.

- Das momentane globale Aussehen der ITC mit ihren Schwingungen unterscheidet sich meist erheblich vom „gemittelten“ Verlauf der ITC in den Atlanten und Modellvorstellungen.
- Die ITC erweist sich als stark durchlöchertes „Band“ aus vielen hochragenden isolierten Gewitterzellen (Hinweis: helle Wolkenflecken).
- Die stärkere Ausprägung der ITC über den Kontinenten lässt sich am helleren, dichteren und breiteren Wolkenband erkennen.
- Bei der Aufspaltung der ITC in zwei Äste zeigen sich in Abhängigkeit von der globalen Land-See-Verteilung weitere Besonderheiten, wie der weit nördliche Verlauf der NITC in der Karibik und in Vorderindien, die besonders starke Ausprägung der NITC über Vorderindien, dagegen zwei annähernd gleich starke Äste der ITC im westlichen Pazifik.
- Am Beispiel Afrikas lassen sich einerseits das dem Sonnenhöchststand verspätete und geringere Nachfolgen der ITC sowie die Trockengebiete nördlich und südlich der ITC erkennen und wiederholen, zum anderen zeigen sich überraschend deutliche Unterschiede in der Ausprägung der ITC quer durch Afrika mit einem dichten Wolkenband im westlichen Teil Äquatorialafrikas und viel



schwächerer Bewölkung im gebirgigen Osten, die mit Gebirgs-, Höhenlage, geringerer Verdunstung und damit geringerer Gewitterhäufigkeit, eventuell auch der Uhrzeit, erklärt werden können.

Die Vorgehensweise im Unterricht könnte den Arbeitsaufträgen des Arbeitsblatts folgen, das Phänomene auf diesem Satellitenbild entdecken hilft, aber auch auf schwieriger zu erkennende Phänomene hinweist und Erklärungen suchen lässt. Das tropische Wettergeschehen über einen längeren Zeitraum zeigt die Computeranimation auf der **DVD Raketen-Satelliten-Bilder**. Ein abschließender Vergleich des vorliegenden Satellitenbilds **F 15** mit einem aktuellen neu geladenen Bild wäre durchaus reizvoll (Hinweis: Zeitbedarf eine Unterrichtsstunde). Als Unterrichtsraum müsste der Computerraum oder Klassenzimmer mit PC und Projektionsmöglichkeit gewählt werden (Beamer bzw. Farb-Display und Overheadprojektor). Zur Erklärung der Unterschiede zwischen einem aktuellem Satellitenbild und der beigelegten **Folie F 15** ist zusätzlich ein Internetanschluss zum Laden und Betrachten einer momentanen Wettersituation notwendig.

Der Unterricht mit diesem Satellitenbild lässt sich mit folgenden Materialien vertiefen bzw. ergänzen:

- Die spezielle Internetadresse des Meteorologischen Instituts der Uni Köln http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/geomet/meteo/winfos/wetterkarten_world.html#B07 liefert die aktuelle Wärmeverteilung zwischen den Wendekreisen am Beispiel Afrikas (tägliche Maximaltemperaturen), die zur genaueren Betrachtung der Wärmeverteilung im Vergleich zum Zenitstand der Sonne und Verlauf der ITC genutzt werden kann.
- Die spezielle Internetadresse des Meteorologischen Instituts der Uni Nottingham: <http://www.nottingham.ac.uk/meteosat/> führt zu einem ständig aktualisierten IR-Meteosat-Wasserdampfbild Afrikas und des Atlantiks, welches die hohe Verdunstung und besonders hochragende Gewitterwolken im Bereich der ITC verdeutlicht.
- Die Internetadresse des Meteorologischen Instituts der Uni Hawaii <http://lumahai.soest.hawaii.edu/Dept/meteorology/meteorology.html> liefert ein gut aufbereitetes detailliertes, wenige Stunden altes Wetter-Satellitenbild des Atlantiks oder der Karibik, welches das Wetter, den Luftdruck, die Winde und Bewölkungsverhältnisse in einem Bild veranschaulicht.

4.2.3 Quellen und Adressen

Liste und Kurzbeschreibung geeigneter Internet-Adressen

(Hinweis: Internetquellen unterliegen ständigen Veränderungen, so dass keine Gewähr für Adressengültigkeit übernommen werden kann)

- http://de.weather.yahoo.com/w/wcom/sa_satintl_440_dmy_y.html (Satellitenbild Südamerika)
- http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/geomet/meteo/winfos/wetterkarten_world.html (Satellitenbilder der letzten 6 Stunden, Wetter-, Wärmebilder, Niederschlagskarten der Uni Köln)
- <http://www.dkrz.de/sat/sat.html#wetterstation> (Satellitenbilder der Uni Hamburg)
- <http://www.nottingham.ac.uk/meteosat/> (Meteosat-Satellitenbilder der Uni Nottingham mit großem Archiv)
- <http://wetter.yahoo.de/> (Wetterinfos zu allen Ländern)
- <http://www.intellicast.com> liefert Wetter- und Hintergrundinformationen zu vielen Ländern, besonders Nordamerika

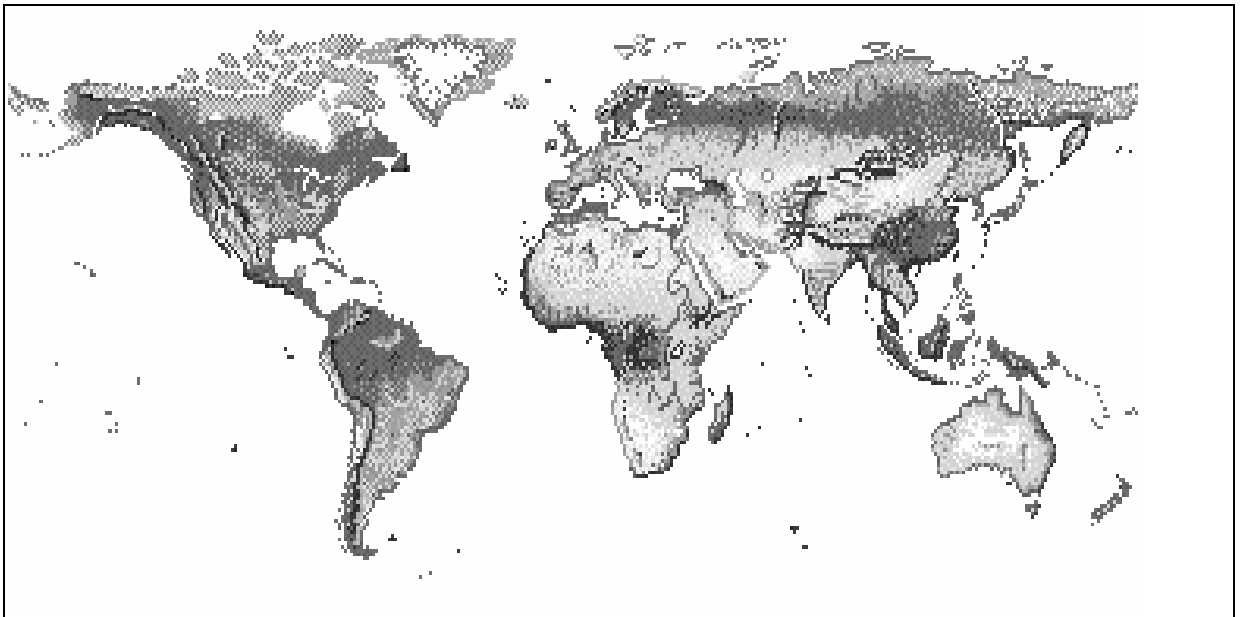
Folie 15: Das tropische Wetter

Quelle: http://www.ssec.wisc.edu/data/comp/latest_cmoll.gif

C. 4.2	Tropisches Wetter	A 43
--------	-------------------	------

Aufgaben:

1. Zeichnen und markieren Sie auf der Weltkarte Äquator, Wendekreise sowie Sonnenhöchststand am 19. Juni! Übertragen Sie anschließend grob die im Satellitenbild erkennbaren Äste der ITC in die Karte! Woran sind diese erkennbar?



2. Beschreiben Sie den großräumigen Verlauf der ITC, und vergleichen Sie ihn mit dem im Atlas dargestellten Verlauf im Sommer bezüglich Gemeinsamkeiten und Unterschiede!
3. Beschreiben Sie die im Satellitenbild erkennbaren Unterschiede in Verlauf und Intensität der ITC über Kontinenten und Meeren!
4. Beschreiben Sie die Besonderheiten im Verlauf und in der Ausprägung der ITC über einer der nachfolgend aufgezählten Regionen möglichst genau (Gruppenarbeit), und versuchen Sie diese Besonderheiten zu erklären!
Regionen: **Karibik, Afrika, Vorderindien, Ostasien, westlicher Pazifik**
5. Stellen Sie die Temperaturen im tropischen Bereich über Land und Meer fest, und vergleichen Sie die Lage der höchsten Temperaturen mit dem momentanen Verlauf der ITC und dem Sonnenhöchststand!
6. Formulieren Sie bei genauer kleinräumiger Betrachtung des Satellitenbilds weitere Aussagen zum „Band“ der ITC, zu Wolkenhöhen und Wolkenart und damit zum Niederschlag, auch in Bezug zum Sonnenhöchststand!
7. Laden Sie das momentane entsprechende Satellitenbild aus dem Internet und vergleichen Sie es mit dem hier besprochenen hinsichtlich Gemeinsamkeiten und Unterschieden!