



## 4.3 Wirbelstürme in den Tropen

*Am Beispiel von Hurrikan Georges im September 1998 werden mit Hilfe von Satellitendaten wichtige Eigenschaften von tropischen Wirbelstürmen aufgedeckt. Verschiedene didaktische Konzepte ermöglichen den Einsatz des Materials von der unteren Mittel- bis zur Oberstufe.*

### 4.3.1 Sachinformation

**Tropische Wirbelstürme** sind großräumige zyklonale Wirbel. Erreicht oder überschreitet der Bodenwind 118 km/h (Beaufort 12), so ist es ein tropischer Orkan. Mittelwerte der Windgeschwindigkeit von 250 km/h sind keine Seltenheit. Die dabei auftretenden Böen erreichen Werte, die über 350 km/h liegen. Der Hurrikan Mitch (Oktober 1998) hatte mittlere Windgeschwindigkeiten um 310 km/h. Hurrikan Georges erreichte zum Teil Windgeschwindigkeiten von über 200 km/h.

Allerdings kommen solche tropischen Orkane nicht überall auf der Welt vor, sondern nur in sechs Regionen der Weltmeere. Diese Gebiete, die häufig tropische Wirbelstürme aufweisen, sind in den meisten Atlanten abgebildet. Je nach Region haben die tropischen Wirbelstürme auch eigene Namen:

tropischer Nordatlantik und Karibik:	Hurrikan
tropischer Nordpazifik:	Cordonazo
tropischer Nordpazifik:	Taifune
Golf von Bengalen:	Bengalen-Zyklone
Nordaustralien:	Willy-Willies
tropischer Indischer Ozean (östlich v. Madagaskar):	Mauritius-Zyklone

Für all diese Orkane wird im allgemeinen Sprachgebrauch das Wort Hurrikan verwendet. Die Orkane haben einen Durchmesser von ca. 600 km und erreichen damit nicht ganz den Durchmesser eines außertropischen Sturmtiefs, das 1000 km aufweist. Die Intensität eines tropischen Orkans ist natürlich von seinem Kerndruck abhängig. Je tiefer der Luftdruck im Zentrum des Orkans, desto höher sind die Windgeschwindigkeiten.

Alle tropischen Orkane entstehen aus wellenförmigen Störungen in der Atmosphäre der Tropen (sog. easterly waves). Das sind kleine Störungen in der Zirkulation über den tropischen Regionen der Ozeane, die häufig Ausläufer eines ektrischen Tiefdrucktroges sind. Doch nicht aus allen easterly waves werden tropische Orkane. Das ist nur der Fall, wenn folgende drei Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Temperatur des Oberflächenwassers des Meeres muss 26,5 °C oder mehr betragen.
- Die Corioliskraft muss einen Mindestwert aufweisen, und das ist erst nördlich oder südlich von 3° geographischer Breite gegeben, sonst kommt die Drehbewegung nicht zustande.
- Es darf keine starke Winddrehung in der Höhe herrschen, damit die latente Energie in einer quasi senkrechten Luftsäule freigesetzt werden kann.

Damit kommen außer den oben genannten Gebieten keine anderen Meeresgebiete mehr in Frage. Da die latente Energie aus der Verdunstung an der Wasseroberfläche stammt, muss ein tropischer Orkan, wenn er auf das Land zieht, ausgenommen Inseln, zusammenfallen. Grundvoraussetzung für die Lebensdauer eines solchen Orkans ist seine Versorgung mit fühlbarer Wärme und Wasserdampf, die Freisetzung latenter Wärme durch sehr effektive Kondensationsvorgänge und die Abkühlung der konvektiv aufgestiegenen Luftmassen in einer Divergenzzone in der oberen Tropopause. Ist eine dieser Voraussetzungen nicht erfüllt, beginnt sofort die Degeneration des Systems.

Die einzelnen **Entwicklungsstufen eines tropischen Orkans** sind:

- **Easterly wave:** hierbei handelt es sich um einen äquatorwärts geöffneten Trog mit einer Konvergenzlinie und entsprechend kräftiger Quellbewölkung, die sich in Form und Bedeckungsgrad deutlich von der Passatbewölkung unterscheidet. Das Ganze lässt sich auch als tropische Tiefdruckstörung bezeichnen.

- **Tropische Depression:** Im Bodendruckfeld gibt es mindestens eine geschlossene Isobare, wobei die Windgeschwindigkeit bis zu 61 km/h (Bft 7) betragen kann. Im Bereich der Depression zeigt sich ein typisches Komma ähnliches Wolkenbild.
- **Tropischer Sturm:** Er zeigt viele geschlossene Isobaren im Bodendruckfeld und Windgeschwindigkeiten zwischen 62 km/h und 117 km/h (Bft 8-11). Das Zentrum ist vollständig mit Wolken überdeckt, und am Rande des zentralen Wolkenfeldes beginnen sich spiralförmige Wolkenfelder auszubilden.
- **Tropischer Orkan:** Hierbei herrscht ein intensives Orkantief mit einem starken Wolkenwirbel vor, in dessen Mitte sich ein wolkenfreies Gebiet mit einem Durchmesser von ca. 50 km befindet, in dem es schwach-windig ist. Auf See ist der Meeresspiegel wegen des starken Unterdruckes um bis zu 10 m höher als normal. Im umgebenden Wolkenbereich können sich bodennahe Windgeschwindigkeiten von 118 km/h und mehr entwickeln.

**Tropische Orkane** werden in **einzelne Kategorien** eingestuft, die sich an der mittleren Windgeschwindigkeit orientieren. Zugrunde gelegt hat man zwei Werte, zum einen das „Ein-Minuten-Mittel“, die Saffir-Simpson-Skala, und zum anderen das „Zehn-Minuten-Mittel“, die Australische Skala. Nachfolgend ist eine Einteilung tropischer Orkane aufgeführt:

Kategorie	Saffir-Simpson-Skala [km/h]/[m/s]	Schäden	Australische Skala [km/h]/[m/s]
1	119-153/33-42	minimal	63-90/17-25
2	154-177/43-49	mäßig	91-125/26-35
3	178-209/50-58	stark	126-165/36-45
4	210-250/59-69	extrem	166-225/46-62
5	> 250/ > 69	katastrophal	> 225/ > 62

Tropische Orkane sind warme Druckgebiete, d. h., im Zentrum des Tiefdruckgebietes ist die Luft in der Höhe wärmer als außerhalb des Tiefs. Die tropischen Orkanwirbel werden mit der Höhenströmung auf der äquatorwärtigen Seite der subtropischen Hochdruckgebiete westwärts verlagert, die auf der Westseite der tropischen Ozeane auf mehr südliche und südwestliche Richtung dreht. Gelangen sie dann in polwärtigen Gebieten über kälteres Wasser, verlieren sie ihre Energie. Über dem Nordatlantik, dem westlichen Nordpazifik und dem Indik scheren sie dann meist als Sturmtiefs in die Westdrift der gemäßigten Breiten ein. Solange sie sich in den tropischen Regionen bewegen, ziehen die Orkanwirbel mit einer Geschwindigkeit von ca. 20 km/h. Im Schnitt beträgt ihre Lebensdauer 5 bis 6 Tage; sie kann aber auch bis zu zwei Wochen dauern. Das hängt von der Zugbahn des Wirbels ab.

Auf dem freien Ozean erzeugt ein Tropischer Orkan haushohe Wellen, über denen sich die Gischt mit dem fallenden Regen bei tobendem Wind zu einem fast undurchsichtigen Vorhang vermischt. Erreichen diese Wellen die Küste, entstehen in Verbindung mit den enormen Windgeschwindigkeiten sowie den Überschwemmungen verursachenden Starkniederschlägen, die bis 300 Liter pro m<sup>2</sup> betragen können, schwerste Verwüstungen. Die reinen Windschäden sind dabei noch relativ harmlos. In den küstennahen Gebieten fordern die Flutwellen meist viele Schäden und Opfer. Diese Flutwellen kommen auf der Vorderseite des Orkanwirbels mit einer Höhe von zum Teil über fünf Metern vor. Auf ihrem Wellengipfel tanzen meist noch meterhohe kürzere Windwellen. Auf der Rückseite führt der ablandige Sturm dann meist zu einer kräftigen Absenkung des küstennahen Wasserspiegels, was zu heftigen Küstenströmungen führt.

Die amerikanische Luftwaffe hat eine Staffel von Flugzeugen, die so genannten Hurrican-Hunters, die in die Tropischen Orkane in verschiedenen Höhen einfliegen bzw. sie durchfliegen und dabei meteorologische Messungen durchführen und Sonden abwerfen, die letztlich ein Bild des Energiegehalts des Hurrikans geben, um entsprechende Vorhersagerechnungen über die weitere Entwicklung und die Zugbahn des Hurrikans durchführen zu können. Dabei sind natürlich die kontinuierlichen Aufnahmen der geostationären Satelliten von entscheidender Bedeutung. Sie ermöglichen die Überwachung der Entwicklung eines tropischen Wirbelsturms und damit eine präzisere Erfassung der gefährdeten Ge-



bierte. Schutzmaßnahmen können somit frühzeitig eingeleitet werden. Dennoch fordern die Tropischen Orkane Jahr für Jahr Opfer und verursachen gewaltige Schäden.

Einige der bisher gemessenen **Extremwerte in tropischen Orkanen:**

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| • geringster Luftdruck:         | 870 hPa (Taifun Tip am 12.10.1979 im westlichen Nordpazifik)   |
| • stärkster Luftdruckfall:      | 51 hPa in 8 Stunden und 97 hPa in 24 Stunden (Taifun Irma am 25.10.1988 im westlichen Nordpazifik)   |
| • höchste Welle auf freier See: | 34 m im Pazifik 1933   |
| • höchste Niederschlagsmenge:   | 1825 mm in 24 Stunden: tropischer Orkan Denise in Foc-Foc am 07./08.01.1966 (im Vergleich dazu: in Oberstdorf fallen 1861 mm Niederschlag während eines ganzen Jahres) |
| • Größe des Orkanauges:         | 6 bis 90 km  |
| • längste Lebensdauer:          | 31 Tage (Hurrikan John 1994 im Ostpazifik)   |

Am Beispiel des Tropischen Orkans GEORGES, der im September 1998 vom Nordatlantik kommend über die Westindischen Inseln, Jamaika, Haiti und Kuba in den Golf von Mexiko zog, kann mit der **Folie F 16** anschaulich ein tropischer Orkan erläutert werden. Entstanden war GEORGES am 13.09.1998 westlich der Kapverdischen Inseln. Am 15.09.1998 wurde er mit einer Windgeschwindigkeit von 55 km/h als tropische Depression eingestuft (seine Lage: 9° N und 26° W). Am Nachmittag des 16.09.1998 wurde bei 10,5° N und 32,5° W aus der tropischen Depression ein tropischer Sturm, dessen Windgeschwindigkeit 65 km/h betrug. Am Spätnachmittag des 17.09.1998 erreichte er bei 12,5° N und 41° W die Stärke eines tropischen Orkans. Die Windgeschwindigkeit betrug mittlerweile 120 km/h und der Luftdruck war auf 987 hPa gefallen. Von da an zog GEORGES seine Bahn als tropischer Orkan mit schwankenden Intensitäten, bis er am 28.09.1998 bei 31° N und 89° W zum tropischen Sturm zurückgestuft wurde. Als er dann aufs Land übertrat, fiel er gänzlich zusammen. (Hinweis: Folie **F 16** zeigt den gesamten Verlauf sowie den Zugweg durch den Golf von Mexiko mit der gemittelten Wasseroberflächen-Temperatur). Wie schnell die Zuggeschwindigkeit von GEORGES über Land abnimmt, wird bei der Überquerung der Insel Kuba deutlich.

Mit einem numerischen Modell versucht die NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration USA) im Hurrican-Center in Miami die Zugbahn und die Entwicklung von Hurrikanen vorherzuberechnen. Dazu werden auch Schnittbilder erstellt, die Luftströmungen in Richtung und Stärke in verschiedenen Bereichen darstellen und auch schemenhaft die Bewölkung erkennen lassen. Hier kommt deutlich die enorme räumliche Ausdehnung der hohen Bewölkung zum Ausdruck (vgl. **Modell** in dem **Beitrag „Satellitenbilder im Internet“** NOAA Hurricane Georges Forecast).

**Tropische Orkane** werden häufig mit **Tornados** in einen Topf geworfen, doch sind dies zwei unterschiedliche meteorologische Erscheinungen. Tropische Orkane sind tropische Wirbelstürme und wie es der Name schon sagt, Erscheinungen, die auf die tropischen Breiten zwischen 5° und 25° geographischer Breite beschränkt sind. Sie haben eine Lebensdauer im Schnitt von fünf Tagen und einen Durchmesser des stärksten Windfeldes von 400 - 500 km. Ihre Entstehung sowie ihr Hauptaktivitätsraum sind die Ozeane, deren Oberflächentemperatur über 26,5° C liegt. Entstehungszeit ist zwischen Spätfrühjahr und Herbst auf einer jeden Erdhalbkugel mit einem Maximum im jeweiligen Spätsommer. Tornados hingegen sind ektrische Wirbelstürme. Sie sind in geographischen Breiten polwärts 30° zu finden. Die Meteorologen bezeichnen sie auch als Großtromben. Sie treten bei schwülem Wetter in Verbindung mit kräftigen Gewittern auf. Gekennzeichnet sind sie durch einen Wolkenrüssel, der aus einer Gewitterwolke herauswächst in Richtung Erdboden. In dem Rüssel sind unterschiedliche hohe Windgeschwindigkeiten anzutreffen je nach dem Unterdruck, der im Innern des Rüssels herrscht. Dort, wo der Rüssel die Erde berührt, wirkt er wie ein riesiger Staubsauger.

Folgende **Daten eines Tornados** zeigen den Unterschied zu einem tropischen Wirbelsturm:

- Lebensdauer: 20 bis 30 Minuten
- Durchmesser des Rüssels und damit der Zerstörungszone: 100 bis 200m
- Zuggeschwindigkeit des Rüssels: 45 km/h

Tornados sind auf der Erde weit verbreitet. Das Gebiet mit der maximalen Tornadohäufigkeit und den stärksten Tornados ist der mittlere Westen der USA. Ganz besonders betroffen sind die Staaten Texas, Oklahoma, Ostkanas und Iowa. Hier treten im Schnitt 250 Tornados pro Jahr auf. Auch in Deutschland gibt es sie, allerdings im klimatologischen Mittel nur einen Tornado im Jahr, und der ist meist von kurzer Lebensdauer.

### 4.3.2 Das Thema im Unterricht

Gerade in der Mittelstufe findet das **Thema „Tropische Wirbelstürme“** bei den Schülern reges Interesse. Es wird in der Regel im Zusammenhang mit der Behandlung der Naturfaktoren im Bereich Japans oder der USA angeboten. Sehr häufig wird dabei im Raum Nordamerika der Unterschied zwischen den außertropischen Wirbelstürmen, den Tornados, und den tropischen Wirbelstürmen behandelt. Die angebotenen Materialien berücksichtigen zum Teil diese Vorgehensweise.

So ist es anhand der Materialien möglich, die Unterschiede zwischen Tornados und Tropischen Wirbelstürmen mit Hilfe des **Arbeitsblatts (M 68/ A 44)** herauszuarbeiten und dann die Materialien zu Hurrikan GEORGES zu einer Vertiefung des Themas heranzuziehen. Bei dieser Vorgehensweise bietet sich etwa ein Stundeneinstieg an, der von Wirbelstürmen in Deutschland während der letzten 30 Jahre ausgeht (**M 69/ A 45**) und das Thema somit noch näher in den Erfahrungsraum der Schüler rückt.

Zum anderen sind die Satellitenbilder von Hurrikan GEORGES so faszinierend (**F 16** und in dem **Beitrag „Satellitenbilder im Internet“**), dass die Schüler bei geeigneter Präsentation sich in Selbsttätigkeit ganz in das Thema einarbeiten können. Dazu wurden die Arbeitsblätter **A 46** und **A 47** (GEORGES auf der Spur. Satelliten als Detektive „jagen“ Hurrikan GEORGES) bzw. in dem **Beitrag „Satellitenbilder im Internet“** entwickelt. Der Lehrer hat hier nur noch die Beobachtungen der Schüler auszuwerten und auf ihre Richtigkeit hin zu kontrollieren. Für eine Weiterarbeit der Schüler zu Hause wurden entsprechende Internetadressen bereitgestellt. Neben der selbstständigen Erarbeitung des spannenden Themas können Schüler aber auch in Form von Experimenten ihren eigenen „Modellhurrikan“ erzeugen, die Entstehung einer Flutwelle durch einen Hurrikan simulieren bzw. die Anhebung des Meeresspiegels im Auge des Hurrikans verfolgen (**Arbeitsblatt 48**). Die dazu benötigten Materialien sind in jeder Schule zu beschaffen.

In vielen Schulbüchern wird heute vorwiegend auf die Auswirkungen von tropischen Wirbelstürmen eingegangen und die Entstehungsursachen werden weitgehend vernachlässigt, obwohl gerade hier im Zusammenhang mit der Anfangsstörung in der Passatzone, der „easterly wave“, noch viele Dinge ungeklärt sind und einer weiteren „Fernerkundung“ bedürfen. Die Satellitendaten zu Hurrikan GEORGES zeigen in großartiger Weise, wie mit Hilfe von Satellitendaten eigenen Fragestellungen durch Beobachtung und sorgfältige Auswertung nachgegangen werden kann. Damit sind sowohl für Schüler in der Mittel- als auch in der Oberstufe „Forschungsansätze“ im Rahmen klimatologischer Untersuchungen möglich.

## Folie F 16: Hurrikan GEORGES

Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung von Steven Babin, Space Department, The John Hopkins University, Applied Physics Laboratory, 11100 John Hopkins Road, Laurel, MD 20723-6099

## C. 4.3

## Hurrikane und Tornados

A 44

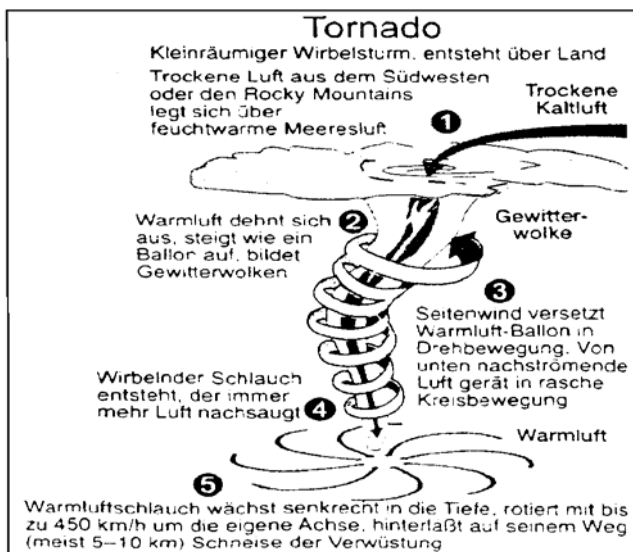
## M 68: Vergleich Tornados und tropische Wirbelstürme

**Information: Hurrikane**

- Hurrikane sind gigantische Tiefdruckwirbel, die aufgrund ihrer Ausdehnung großflächigen Schaden anrichten.
- Voraussetzung für die Entwicklung eines tropischen Wirbelsturms ist die Verdunstung riesiger Wassermengen über einem mindestens 26,5° C warmen Meer.
- Der Wirbelsturm entsteht aus Tiefdruckgebieten zwischen 5 Grad und 15 Grad nördlicher bzw. südlicher Breite. So bleibt der Geburtsort der Hurrikane auf relativ schmale Streifen beiderseits des Äquators beschränkt, die diese Anforderungen erfüllen.
- Hurrikane lassen sich auf Satellitenbildern gut erkennen, so dass eine rechtzeitige Sturmwarnung möglich ist.
- Sie können einen Durchmesser von mehr als 500 km haben.
- Das Zentrum des Hurrikans bildet das nahezu windstille „Auge“, dessen Durchmesser in der Regel zwischen 15 und 30 km beträgt, aber auch 70 km erreichen kann.
- Wenn die Wirbelstürme die Küsten erreichen, verringert sich zwar wegen der nun einsetzenden Bodenreibung ihre Geschwindigkeit, wegen der extremen Windstärken ist ihr Erscheinen jedoch stets mit ungeheuren Verwüstungen verknüpft. Hinzu kommen die sintflutartigen Niederschläge.

**Information: Tornados**

- Tornados treten vor allem in Nordamerika nördlich von 30° N auf, meistens im Mai und Juni.
- Sie haben meist nur einen kleinen Durchmesser von 100 - 200 Metern und bewegen sich mit ca. 50 Stundenkilometern in Richtung der vorherrschenden Höhenströmung vorwärts.
- Die Drehgeschwindigkeit des Wirbels liegt allerdings bei 450 Stundenkilometern.
- Sie legen meist nur eine Distanz von 5 bis 10 Kilometern zurück, selten bis zu 300 Kilometern.
- Ihre Lebensdauer beträgt nur 20 - 30 Minuten.
- Es gibt in Nordamerika zirka 800 Tornados pro Jahr. Auch in Mitteleuropa werden jährlich ca. zehn solcher Wirbelstürme beobachtet. Man nennt sie bei uns Windhosen oder auch Tromben.

**Aufgaben:**

1. Erkläre die Entstehungsbedingungen für Hurrikane und Tornados!
2. Überprüfe mit Hilfe der Satellitenbilder von Hurrikan „Georges“ die oben aufgeführten Merkmale von tropischen Wirbelstürmen!
3. Erläutere, warum Hurrikane und Tornados in verschiedenen Monaten auftreten! (Hilfe: Denke dabei an die unterschiedlichen Entstehungsbedingungen!)



C. 4.3	Zeitungsartikel	A 45
--------	-----------------	------

M 69: Artikel aus der Augsburger Allgemeinen vom 06.05.1999

## In 30 Jahren ein Dutzend Tornados

Wirbelstürme in Deutschland

München/Hamburg (maf).

**Sie sind zwar kleiner und seltener, doch Tornados wie sie jetzt über die USA hinweggefegt sind, kann es auch in Deutschland geben. In den vergangenen 30 Jahren beobachteten die Meteorologen rund ein Dutzend Wirbelstürme in der Bundesrepublik, die Tote, Verletzte und beträchtlichen Sachschaden hinterließen.**

Tornados entstehen dort, wo extrem warme Luftmassen mit kühlen zusammenstoßen. „Das kann natürlich auch in Deutschland vorkommen“, erklärt Mojib Latif vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Da in Europa die Luftbewegungen zwischen Sahara und Nordmeer durch zahlreiche Gebirge abgeschwächt werden, erreichen die Wirbelstürme nicht die Größe und Zerstörungskraft wie in Amerika. „Da müssen schon etliche unglückliche Faktoren zusammenkommen“, so Latif.

Als „Paradeobjekt“ für Wirbelstürme (Tromben) in Deutschland gilt bei den Meteorologen der „Tornado von Pforzheim“, der am 10. Juli 1968 über die badische Stadt hinwegfegte. Dieser Sturm forderte zwei Todesopfer und richtete einen Sachschaden von 125 Millionen Mark an.

Seit 1968 verzeichnete die Münchner Rückversicherung rund ein Dutzend solcher Stürme. So zum Beispiel im Mai 1973, als in und um Kiel ein Mensch getötet und 100 verletzt wurden. 1980 richtete ein Tornado in Schweinfurt zwei Millionen Mark Schaden an. Die Gemeinde Maisach (Landkreis Fürstenfeldbruck) war 1988 betroffen. Dort wurden vier Menschen verletzt. Da Tornados räumlich stark begrenzt auftreten, schlagen sie sich in der Schadensbilanz der Versicherungen aber bei weitem nicht so stark nieder wie normale Stürme.

Vor dem großen Bruder des Tornados, dem Hurrikan, ist Deutschland sicher. Diese bis zu mehreren 100 Kilometer breiten Wirbelstürme entstehen nur über den warmen Wassermassen der Karibik und des südlichen Pazifik

Bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 160 Stundenkilometern kämpften sich diese Bewohner der Key West Inseln vor Florida aneinander geklammert durch den Hurrikan „Georges“, der schwere Zerstörungen auf der Inselgruppe anrichtete (AZ vom 26.09.1998).





## Satelliten als Detektive „jagen“ Hurrikan GEORGES

### Hilfst du mit beim Spurenlesen?

Bis heute kann man Hurrikane noch nicht genau einschätzen und in ihrer Zugbahn vorhersagen. Dies soll sich ändern mit Hilfe von Satelliten. Doch dazu brauchen wir deine Beobachtungsgabe.

#### **M 70.1 (siehe Folie F 18 oder im Beitrag „Satellitenbilder im Internet“):**

Tropische Wirbelstürme über dem Atlantik (hier Hurrikan GEORGES) entstehen aus kleinen Störungen im Windfeld der Passatzzone nahe der Westküste von Afrika. Die Farbe der Kreise gibt jeweils die Windgeschwindigkeit an, die am betreffenden Ort gemessen wurde.

(Beachte: 1 Meile = 1,86 km)

- Welche Bahn beschreibt der Wirbelsturm?
- Was fällt dir bezüglich der Geschwindigkeit und der Lebensdauer des Sturmes auf?
- Warum bricht der Sturm zusammen?

#### **M 70.2 (siehe Folie F 18 oder im Beitrag „Satellitenbilder im Internet“)**

Mit Hilfe von Satelliten ist die durchschnittliche Oberflächentemperatur des Meeres messbar (vgl. untere Farbskala im Satellitenbild).

Kannst du feststellen, welche Wassertemperaturen an der Meeresoberfläche im September 1998 vorliegen? Gibt es Unterschiede bei der Wassertemperatur zwischen den Meeresregionen im Süden und im Norden?

#### **M 70.3 (siehe Beitrag „Satellitenbilder im Internet“)**

Hier siehst du Georges (spiralförmiges Wolkenband rechts unten!) zwischen der Halbinsel Florida (links oben in schwarz) und der Insel Kuba. Die Meeresoberflächentemperatur ist mit Farbe gekennzeichnet.

Welchen Einfluss hat Georges auf seine Umgebung (vgl. die Temperaturen !)?

(Fortsetzung nächste Seite)

**C. 4.3****Schülerarbeitsblatt: GEORGES auf der Spur – Teil 2****A 47****M 70.4 (siehe Beitrag „Satellitenbilder im Internet“)**

Unser Detektiv hat Georges mit einer Infrarot-Kamera aufgenommen. Je höher seine Wolkenteile sind, umso tiefer sind seine Temperaturen.

- Wo sind die Wolken am höchsten?
- Was stellst du im Zentrum fest?
- Der Differenzbetrag von einem Längengrad beträgt im Äquatorbereich 111 km.  
Welchen Durchmesser hat Georges etwa?

**M 70.5 (siehe Beitrag „Satellitenbilder im Internet“)**

Hier wurde Georges nochmals von der Kamera „erwischt“. Seine hohen Wolken sind weiß. Tiefliegende Wolken sind gelb zu erkennen.

- Welche Beobachtung kannst du im Zentrum bezüglich der Wolkenverteilung machen?
- Ist eine Aussage über die Wolkenhöhe im Zentrum (dem „Auge“ von Georges) möglich?

**M 70.6 (siehe Beitrag „Satellitenbilder im Internet“)**

Fachleute in den USA haben von GEORGES ein dreidimensionales „Fahndungsphoto“ kurz vor seinem Tod erstellt. Kannst du ihn damit vollständig identifizieren? Versuche es mit Hilfe der folgenden Fragen!

- Wie sieht die Strömungsrichtung des Windes in der Nähe der Erdoberfläche aus?  
(Vgl. mit dem Uhrzeigersinn!)
- Welche Windbewegungen finden im mittleren Stockwerk statt?  
(Betrachte die violette Ebene!)
- Von welcher Größenordnung sind die Windbewegungen in der Nähe des Zentrums (dem „Auge“)? Was passiert dort?
- Welche Strömungsrichtung hat der Wind in der Höhe? (Vgl. mit dem Uhrzeigersinn!)

Die Farbkodierung an der Erdoberfläche direkt unter GEORGES gibt die Regenmengen an (die höchsten Regenmengen entsprechen der Farbe rot).

- Was kannst du feststellen?

Hinweis: Wenn dich der Fall GEORGES nicht ruhen lässt, gehe auf Entdeckungstour im Internet unter:

- <http://fermi.jhuapl.edu/hurr/>
- [http://www.aoml.noaa.gov/hrd/HFP98/georges\\_photo.html](http://www.aoml.noaa.gov/hrd/HFP98/georges_photo.html)





C. 4.3	Hurrikan Georges : Schülerexperimente	A 48
--------	---------------------------------------	------

### **Experiment 1: Modellhurrikan**

*Die Wolken um einen Hurrikan bilden spiralförmige Bänder. In ihnen kondensiert Wasserdampf in der warmen, aufsteigenden Luft. Solch ein „Hurrikanwirbel“ soll nun im Wasser erzeugt werden.*

Du benötigst dazu folgende **Materialien**:

**Pipette - Lebensmittelfarbe - Rührlöffel - Schüssel - Wasser**

#### **Versuchsdurchführung**

1. Fülle die Schüssel mit lauwarmem Wasser! Je größer die Schüssel, desto besser. Rühre das Wasser sacht um, bis es sich langsam im Kreis bewegt!
2. Gebe nun ein paar Tropfen Lebensmittelfarbe in die Mitte der Schüssel! Beobachte, wie sich die Farbe ausbreitet und Bänder bildet – wie Wolken in einem Hurrikan!

### **Experiment 2: Flutwelle bei einem Hurrikan**

*Nähert sich der Hurrikan einer Küste, türmen starke auflandige Winde das Wasser zu einer Welle auf. Trifft diese mit der Flut zusammen, dann kann das Meerwasser weit ins Land eindringen.*

Du benötigst dazu folgende **Materialien**:

**Ventilator - Papier - Fettstift - Schere - Klebeband - Wasser - Waschschüssel**

#### **Versuchsdurchführung**

1. Forme aus Papier einen Trichter und klebe das breite Ende um den Ventilator! *So wird der Wind konzentriert.*
2. Fülle die Waschschüssel mit Wasser bis etwa 5 cm unterhalb des Randes! Markiere den Wasserspiegel an der Schüssel mit einem Stift! Stelle den Ventilator gegenüber der Marke auf!
3. Schalte nun den Ventilator an, so dass der Wind über die Wasseroberfläche bläst! (Die Lehrkraft sollte hier mithelfen! **Vorsicht!!!**: Der Fön darf nicht ins Wasser geraten!) Wie weit steigt das Wasser über die Marke am anderen Ende der Wasserschüssel? *Auf diese Weise hast du eine Flutwelle erzeugt.*
4. Hebe nun auf der Seite, auf welcher der Fön steht, die Schüssel etwas an (Unterlegen von Papier oder Holz auf der Seite der Waschschüssel, die zum Fön zeigt), um den Wasserspiegel der Marke zu nähern, ähnlich wie bei der Flut. Beobachte nun, wie sich dies auf die Flutwelle auswirkt!

### **Experiment 3: Den Meeresspiegel im Auge des Hurrikans anheben**

*Der extrem niedrige Druck im Auge eines Hurrikans lässt den Meeresspiegel darunter ansteigen. Diesen Effekt könnt ihr in einer Wasserschüssel demonstrieren.*

Ihr braucht dazu folgende **Materialien**:

**Glasschüssel - Waschschüssel - Plastikschauch - 2 Tassen - Wasser**

#### **Versuchsdurchführung**

1. Fülle die Wasserschüssel zur Hälfte mit Wasser! Stelle die Tassen verkehrt herum hinein, und lege nun die Glasschüssel umgekehrt so hinein, dass ihr Rand auf den Tassen aufsteht, aber unter der Wasseroberfläche ist!
2. Drücke ein Ende des Schlauchs zusammen, und stecke es in den Luftraum in der Glasschüssel! Sauge am Schlauch, um den Luftdruck in der Glasschüssel zu reduzieren! *Das Wasser steigt in der umgekehrten Glasschüssel nach oben.*
3. Entferne den Schlauch! *Die Wasserwand bleibt stehen.*