

Welche Auswirkung hat die globale Erwärmung auf die Aktivität tropischer Wirbelstürme?



Abbildung 1: „Satellitenbild des Hurrikans Kate aus dem Jahr 2003“

Von Ole Johannsmann und Tom Kohrs

Inhaltsverzeichnis

<u>Inhalt</u>	<u>Seite</u>
Einleitung	3
Allgemeine Informationen:	
- Entstehung von tropischen Wirbelstürmen	4
- Häufigkeit und Entstehungsorte	5-6
- Zugbahnen	7
- Eigenschaften und Aufbau	8
Hatte der Klimawandel bis jetzt schon Einfluss auf Tropische Wirbelstürme?	9-10
Zukunftsprognose	11-12
Fazit	13
Bildquellen	14
Quellenverzeichnis	14-15

Einleitung

Tropische Wirbelstürme stellen eine große Bedrohung für viele Menschen dar. Gerade sehr starke Stürme, wie zum Beispiel der Hurrikan Katrina im Jahr 2005, fordern immer wieder Menschenleben und richten milliardenschwere Schäden an. Deshalb stellt sich oft die Frage, ob die Entstehung tropischer Wirbelstürme durch den anthropogen verursachten Klimawandel begünstigt wird. Aber nicht nur direkt betroffene Menschen sind daran interessiert, sondern auch große Versicherungsgesellschaften, da diese für einen Großteil der entstandenen Schäden aufkommen müssen.

Um unsere Leitfrage „Welche Auswirkung hat die globale Erwärmung auf die Aktivität tropischer Wirbelstürme“ zu beantworten, werden wir zunächst einige grundlegende Informationen über tropische Wirbelstürme, wie zum Beispiel die Entstehung und die dafür notwendigen Voraussetzungen, die Zugbahnen und Entstehungsregionen, darlegen. Anschließend gehen wir auf die Aktivität in der Vergangenheit ein, um dann einen Ausblick in die Zukunft zu geben.

Im Laufe unserer Projektarbeit hatten wir die Möglichkeit, auf wissenschaftliches Material des Deutschen Klimarechenzentrums zuzugreifen sowie die Hilfe von Mitarbeitern wie Dieter Kasang zu beanspruchen.

Anmerkung: Da für den Nordatlantik die meisten Daten vorliegen, werden wir uns in unserer Ausarbeitung auf Hurrikane konzentrieren und nicht auf alle tropischen Wirbelstürme

Allgemeine Informationen

Entstehung von tropischen Wirbelstürmen

Tropische Wirbelstürme können sich nur über tropischen Gewässern bilden, die großflächig und bis in eine Tiefe von 50 Metern eine Meeresoberflächentemperatur von mindestens 26° C aufweisen. Hier kann Wasser in großen Mengen verdunsten und als latente Wärme, also in Form von Wasserdampf, aufsteigen. Der Wasserdampf kondensiert in der Höhe wodurch Wärme frei wird und sich gleichzeitig riesige Gewitterwolken bilden, aus denen Niederschlag fällt. Die erwärmte Luft steigt weiter auf, dehnt sich aus und kühlt wieder ab, was zu weiterer Kondensation führt. Mit der fortlaufenden Verdunstung von Wasser durch den warmen Ozean und der damit verbundenen Kondensation in der Atmosphäre wird immer mehr latente Wärme frei. Dies verstärkt das Aufsteigen der Luftmassen.

Dieser andauernde Prozess wird auch als „positive Feedback Reaktion“ beschrieben. Durch das massive Aufsteigen erwärmter Luftmassen fällt der Luftdruck über dem Ozean stark ab, sodass durch den erzeugten Unterdruck „am Boden Luft aus der Umgebung angesaugt wird, Wasserdampf aufnimmt und aufsteigt“¹. Die aufsteigende Luft kühlt ab, und es kommt wieder zur Kondensation. Durch diese sich immer wiederholenden Prozesse gewinnt ein tropischer Wirbelsturm immer weiter an Energie, aus der eine unglaubliche Zerstörungskraft resultiert. Je niedriger der Luftdruck dabei im Kernbereich ist, desto mehr Luft strömt nach innen, und es entwickeln sich folglich höhere Windgeschwindigkeiten.

Die Drehbewegung der tropischen Wirbelstürme wird durch die sogenannte Corioliskraft verursacht. Nur wenn sich ein Tiefdruckgebiet mindestens 5-8° nördlich bzw. südlich des Äquators befindet, ist die Corioliskraft stark genug, um die in das Tiefdruckgebiet einströmenden Luftmassen abzulenken und die Drehbewegung zu verursachen. Auf der Nordhalbkugel werden die Luftmassen nach rechts abgelenkt, wodurch sich die Wirbelstürme gegen den Uhrzeigersinn drehen und auf der Südhalbkugel nach links, dementsprechend drehen sie sich dort mit dem Uhrzeigersinn.

¹ Dieter Kasang (http://klimawiki.org/klimawandel/index.php/Tropische_Wirbelst%C3%BCrme; Zugriff: 10.05.12)

Häufigkeit und Entstehungsorte

Tropische Wirbelstürme entstehen nur über den tropischen Gewässern des atlantischen, des indischen und des pazifischen Ozeans. Je nach Entstehungsort werden sie dann Hurrikane, Zyklone oder Taifune genannt. Die aktivsten tropischen Wirbelstürme treten im westlichen Nordatlantik und im westlichen Nordpazifik auf. Dort ist die Meeresoberflächentemperatur warm genug und die Corioliskraft bietet die nötige Verwirbelung. Am Äquator ist die Corioliskraft gleich Null, so dass dort trotz der hohen Meeresoberflächentemperaturen keine tropischen Wirbelstürme entstehen können. Ab 5° Nord und 5° Süd reicht die dort vorhandene Corioliskraft aus, dass sich tropische Wirbelstürme entwickeln.

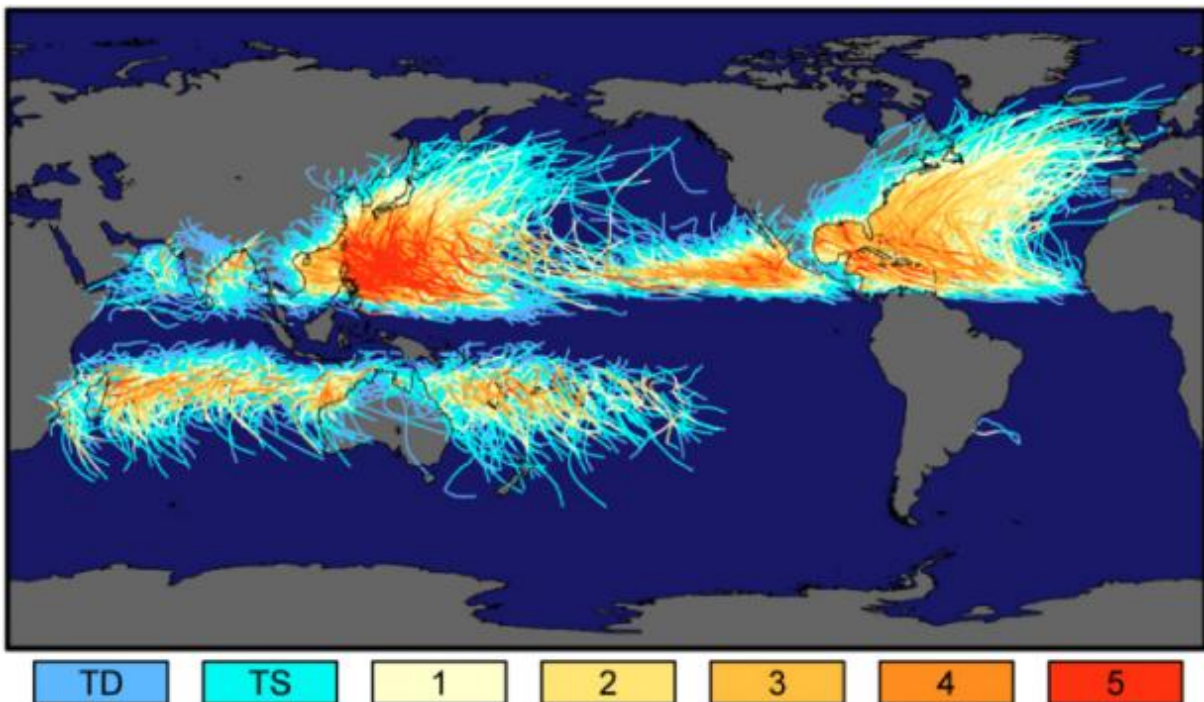


Abbildung 2: Verbreitung tropischer Wirbelstürme. TD: Tropisches Tiefdruckgebiet, TS: Tropischer Sturm (Global Warming Art)

Zudem entstehen 78% aller tropischen Wirbelstürme zwischen 20° Nord und 20° Süd. 66% davon auf der Nordhalbkugel. Die meisten starken tropischen Wirbelstürme entstehen im westlichen Nordpazifik, vor der Küste Japans und Chinas (siehe Abbildung 2). Im atlantischen Ozean und im zentralen Nordpazifik beginnt die Hurrikan-Saison am 1. Juli und endet am 30. November. Die Hauptsaison liegt, wie man in Abbildung 3 erkennt im September. Die Meeresoberflächentemperatur ist in den Sommermonaten höher, und das Wasser kann leichter verdunsten, so dass die Aktivität tropischer Wirbelstürme steigt.

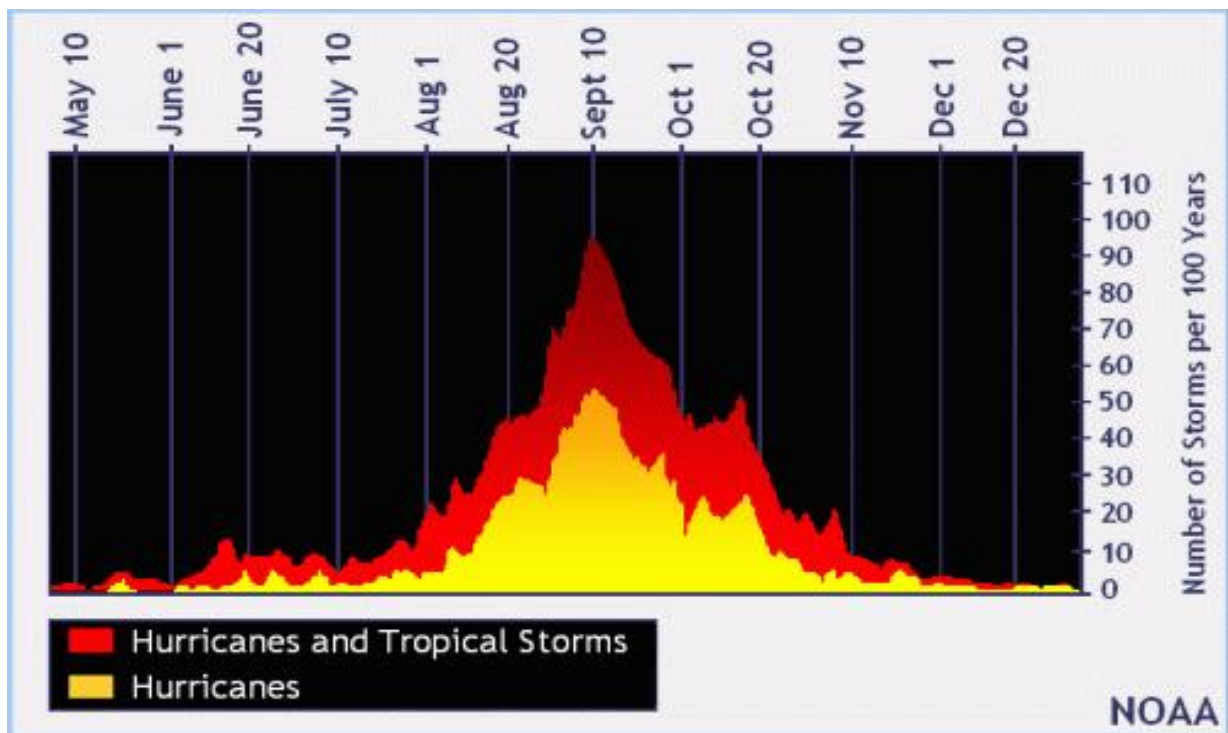


Abbildung 3: Zahl der Hurrikane und tropischen Wirbelstürme pro 100 Jahre

Zugbahnen

Tropische Wirbelstürme müssen über dem Wasser entstehen, um ihre Kraft aufzubauen. Durch Passatwinde und die Erdumdrehung bleiben die tropischen Wirbelstürme nicht über dem Wasser, sondern treffen irgendwann auf das Land. Über dem Land verlieren sie nun an Kraft, da ihnen durch die über dem Land fehlende Verdunstung die Energiezufuhr ausbleibt. Basierend auf der Größe und des Unterdrucks von dem tropischen Hurrikan bewegt er sich mit 50 km/h oder mehr über das Land. Die Größe entscheidet auch, wie weit ein tropischer Wirbelsturm in das Landesinnere eindringen kann, bevor er sich auflöst und durch Winde zerstört wird. Auf der Nordhalbkugel drehen sich die Winde gegen den Uhrzeigersinn, auf der Südhalbkugel mit dem Uhrzeigersinn. Wie in der Abbildung zu erkennen ist entstehen Hurrikane im Atlantik zum großen Teil Zentral zwischen Afrika und Amerika. Hier werden Gewittertiefs, die über der Küste von Afrika entstehen, durch den Nordost-Passat in Richtung Nordamerika getrieben, wo sie dann durch die wärmere Meeresoberflächentemperatur an Energie gewinnen und zu Wirbelstürmen werden. Die Zugbahnen verlaufen Richtung Ostküste Amerikas und treffen meist auf die Küsten des Golfs von Mexiko.

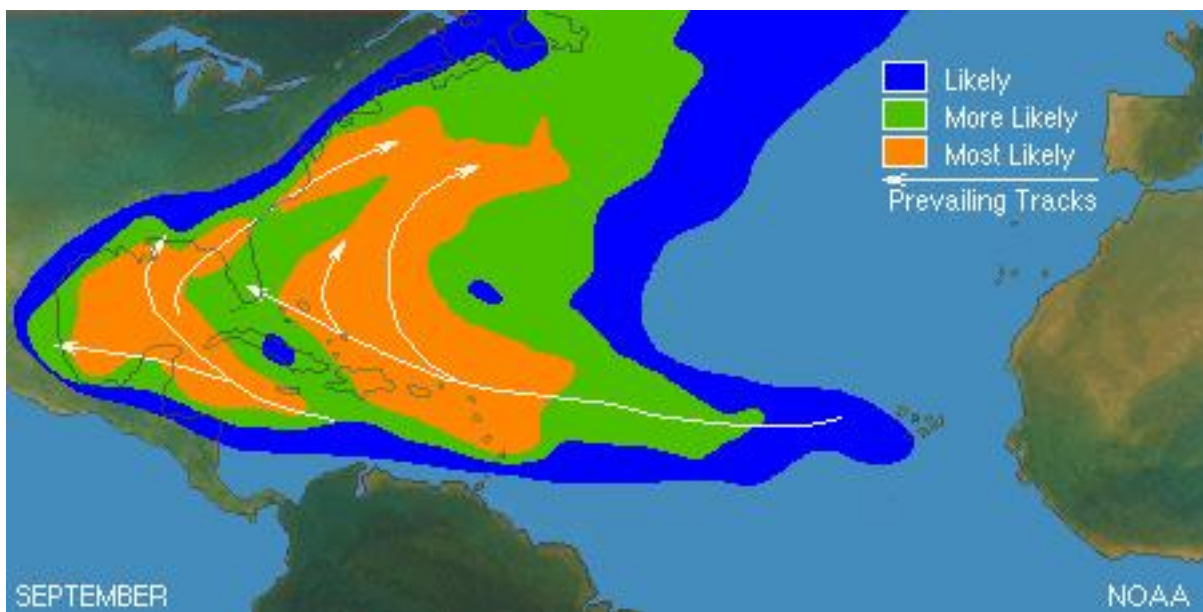


Abbildung 4: Mittlere Zugbahnen atlantischer Hurrikane im Monat September

Eigenschaften und Aufbau

Tropische Wirbelstürme können in Extremfällen bis zu 2000 km groß werden. Die Struktur eines tropischen Wirbelsturms ist sehr markant. Zum einen durch das sogenannte „Auge“, „das einen Durchmesser von 15 bis 30 km besitzt [und] nahezu windstill und wolkenlos“² ist. Das Auge ist windstill und wolkenlos, weil hier die Luft wieder absinkt („denn Absinken und Aufsteigen müssen sich über ein sehr großes Gebiet gemittelt natürlich ausgleichen“³), komprimiert wird und sich erwärmt, wodurch sich in diesem Bereich die Wolken auflösen. Des Weiteren ist der sogenannte „Wall“ oder auch „eyewall“ auffällig. Dieser Bereich ist ungefähr 10-100 km vom Auge entfernt und fällt durch die starke Gewitterbewölkung auf. Außerdem befinden sich hier die stärksten Winde. Weitere Bestandteile eines tropischen Wirbelsturms sind die Außenbereiche, in denen ähnlich wie im Auge ein Absinken herrscht.

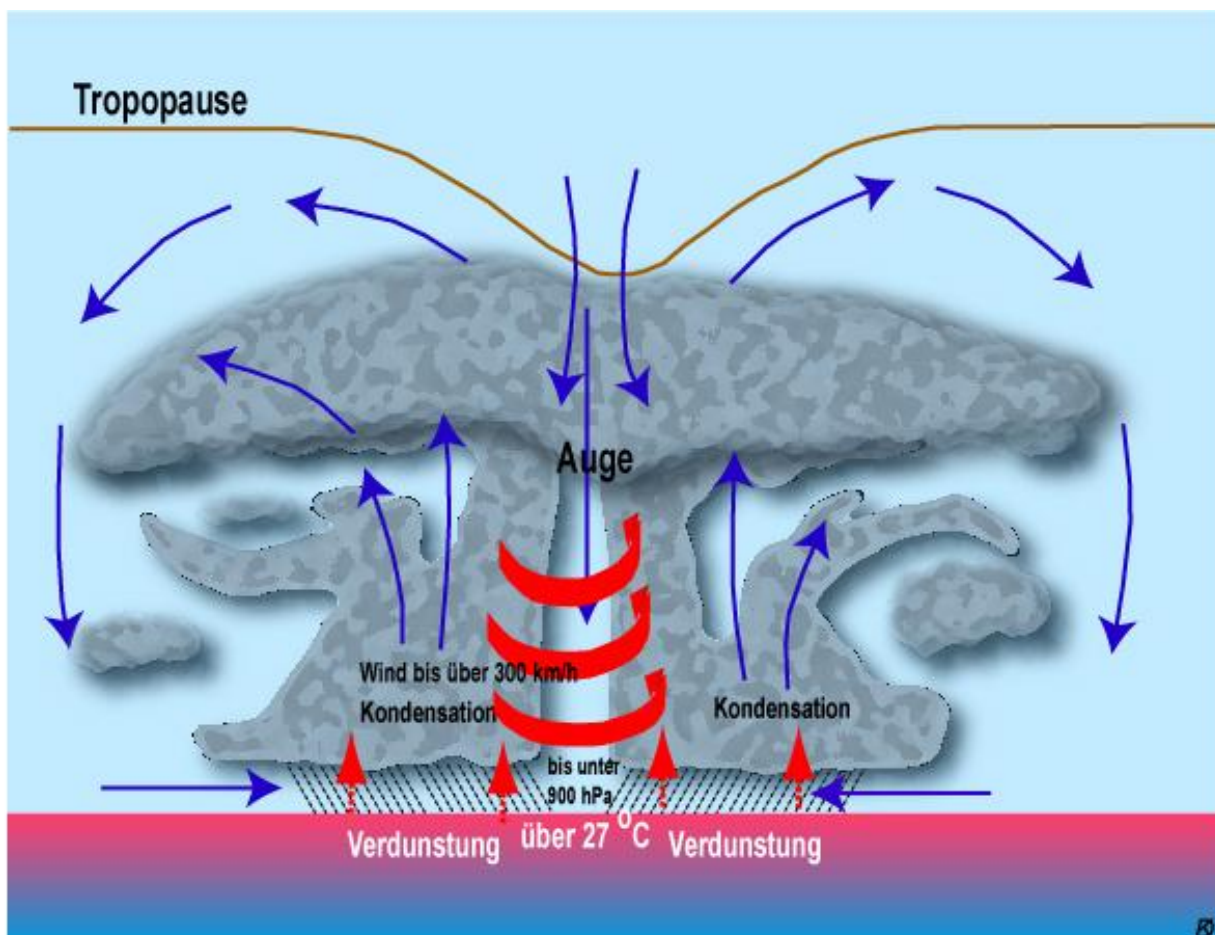


Abbildung 5: Entstehung und Aufbau eines Hurrikans

² Dieter Kasang, (<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/3062880/tropische-wirbelstuerme.html>, Zugriff 18.05.2012)

³ Dieter Kasang, (<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/3062880/tropische-wirbelstuerme.html>, Zugriff 18.05.2012)

Hatte der Klimawandel bis jetzt schon Einfluss auf Tropische Wirbelstürme?

Der Klimawandel ist ein Prozess, der möglicherweise die Aktivität tropischer Wirbelstürme beeinflussen könnte, denn der Klimawandel sorgt dafür, dass mehrere Faktoren, die relevant bei der Entstehung tropischer Wirbelstürme sind, sich verstärken. Im letzten Jahrhundert gab es mehrere Dekadenschwankungen die Kältephasen und Wärmephasen der Meeresoberflächentemperatur in der Region widerspiegeln. Eine kühle Phase von 1905 bis 1925, gefolgt von einer warmen Phase von 1930 bis 1960 und einer erneuten kühleren Phase. Seit 1990 befinden wir uns wieder in einer Wärmephase. Doch diese Dekadenschwankungen sind nicht auf die Globale Erwärmung zurückzuführen, denn die natürliche Atlantische Multidekaden-Oszillation (AMO) sorgt für Schwankungen der Temperatur im Bereich des Nordatlantiks. Ein Trend ist dennoch sichtbar: $0,7^{\circ}\text{C}$ in den letzten 100 Jahren.

Ob sich die die Aktivität tropischer Wirbelstürme schon in der jüngsten Vergangenheit geändert hat, ist fraglich, da es erst seit 1970 Satellitenaufzeichnungen gibt und sich seitdem eine Zunahme der Sturmereignisse abzeichnet, wie man in Abbildung 6 sehen kann. Dies lässt sich einfach dadurch erklären, dass Satellitenaufzeichnungen deutlich genauer sind als Zählungen und Beobachtungen vom Land und vom Wasser. Außerdem lässt sich über einen solchen in der Statistik kurzen Zeitraum kein Trend ermitteln, zumal dieser auch auf der Dekadenschwankung beruhen könnte

Der International Panel on Climate Change (IPCC) schreibt, dass sich die SST-Erwärmung (Sea-Surface-Temperatur) nur in den oberen Metern des Ozeans widerspiegelt. Relevant für die Bildung eines tropischen Wirbelsturms sind die oberen 50 Meter. Auf der unten zu sehenden Grafik des IPCC zeigt sich eine Ozeanerwärmung für die oberen 700 Meter. Ein klarer Trend wird sichtbar, denn seit 1990, als auch die Hurrikane Aktivität sichtbar zunahm, stieg die Temperatur um ca. 10×10^{22} Joule.

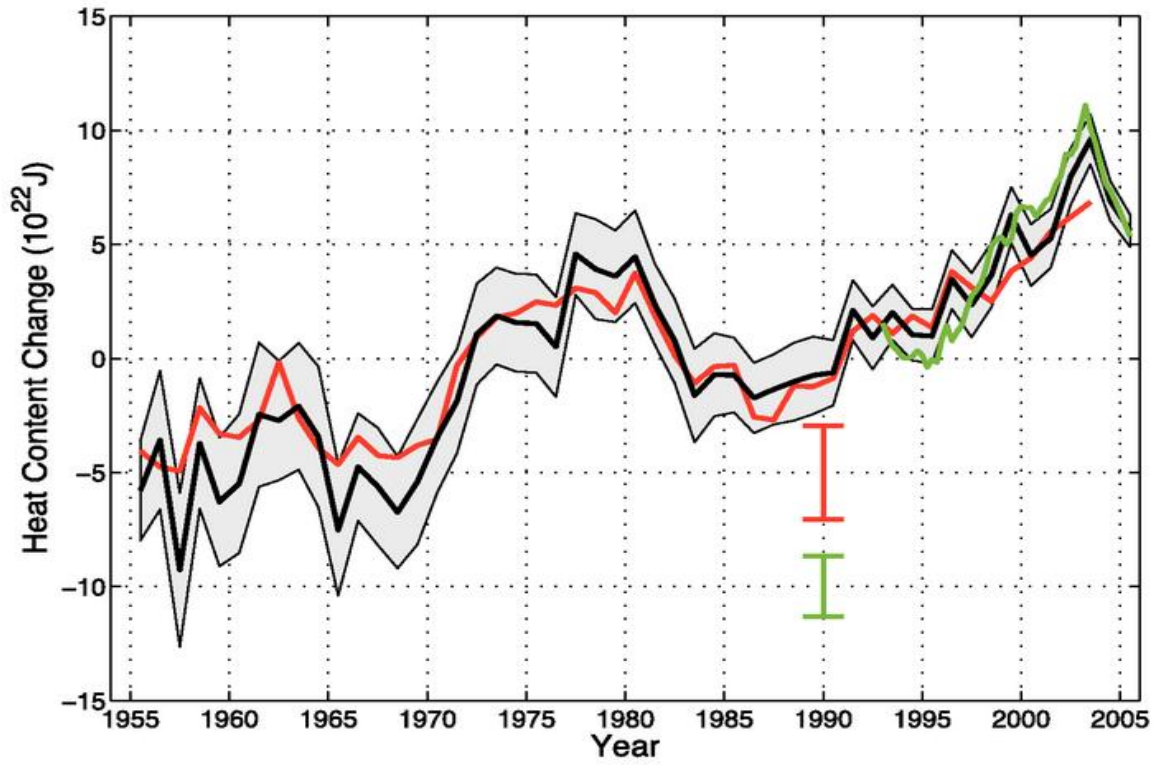


Abbildung 6: Temperaturveränderungen des Ozeans der letzten 60 Jahre

Zukunftsprognose

Anmerkung: Das DKRZ hat uns Daten zur Meeresoberflächentemperatur des Nordatlantiks und dessen Verdunstung für die Zeitabschnitte von 1961-1990 und 2071-2100 zur Verfügung gestellt. Die Daten beruhen auf dem Szenario A1B, in dem das primäre Ziel der Menschen das Wirtschaftswachstum ist.

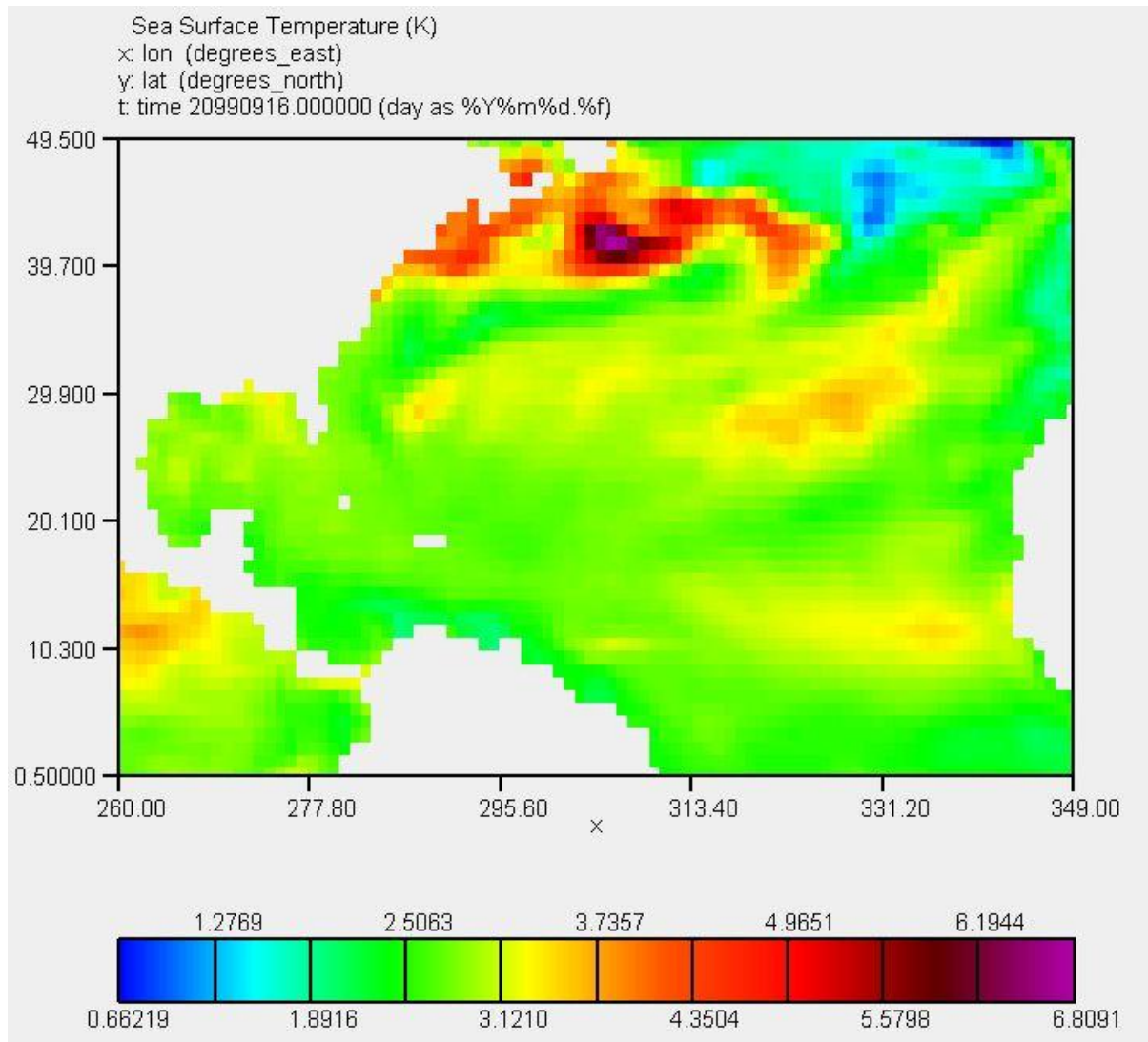


Abbildung 7: Meeresoberflächentemperatur-Differenz im September zwischen dem Zeitraum 1961-1990 und dem Zeitraum 2071-2100

Die Abbildung 7 zeigt, um wie viel Grad wärmer der Nordatlantik im September des Zeitraums 2071-2100 ist als im Zeitraum 1961-1990, wobei die weißen Teile der Graphik das Land darstellen und die farbigen den Ozean. Es wird deutlich, dass sich der Ozean im Bereich des Golfs von Mexiko, der oft Entstehungsgebiet von vielen Hurrikanen ist, um gut 3° C erwärmt. Durch den wärmeren Ozean würde mehr Wasser verdunsten, so dass Hurrikane

schneller entstehen könnten und mehr Energiezufuhr haben würden. Diese starke Veränderung der Meeresoberflächentemperatur steht in jedem Fall in Zusammenhang mit der globalen Erwärmung, wie stark ist jedoch fraglich. Auch möglich wäre eine sehr starke Ausprägung der Dekadenschwankung und ein weniger starker Effekt des Klimawandels.

Des Weiteren haben wir hier nur die Werte für die Meeresoberflächentemperatur und die Verdunstung für den Nordatlantik vorliegen. Es gibt jedoch noch andere Faktoren, die die Entstehung von Hurrikanen und anderen tropischen Wirbelstürmen beeinflussen können. So zum Beispiel die sogenannten Scherwinde, die in großer Höhe in eine andere Richtung oder mit einer anderen Stärke wehen als die auf dem Boden. Sie können, wenn sie häufig auftreten, viele Hurrikane und tropische Wirbelstürme verhindern, wenn sie jedoch nur sehr selten auftreten, können sie die Entstehung von tropischen Wirbelstürmen begünstigen. So ist es zum Beispiel seit 1995 über dem Golf von Mexiko. Hier treten ebenfalls begünstigt durch eine warme Dekadenphase seitdem immer mehr tropische Wirbelstürme auf.

Fazit

Nicht nur für Wissenschaftler ist dieses Thema relevant. Auch in den Medien ist es ein sehr beliebtes Thema. Doch dies nicht zu Unrecht, denn die vielen Szenarien und Vermutungen zeigen oft anthropogene Hintergründe, jedoch fehlen meist die Beweise. Nach Hurrikanen wie zum Beispiel Katrina im Jahre 2005 und den dazugehörigen Daten, die darauf hinweisen, dass vor allem in dem Bereich des Nordatlantiks die Meeresoberflächentemperatur steigt und damit auch die Verdunstung des Wassers durch die erhöhte Temperatur, wird dies in den Medien immer als kritisch dargestellt. Vieles weist auf anthropogenen Ursprung durch den erhöhten Ausstoß von Treibhausgasen. Der WMO erklärt die erhöhte Aktivität tropischer Wirbelstürme der letzten 30 Jahre trotzdem als Auswirkung einer warmen Dekadenphase oder Abweichungen von ENSO und NAO. Aus diesem Grund ist es wichtig nicht nur momentane Trends zu sehen, sondern Veränderungen der Atlantischen Multidekaden – Oszillation zu verfolgen.

Unsere Fragestellung ist aus wissenschaftlicher Sicht nicht voll beantwortbar, da durch die vorliegenden Daten nur Trends und Szenarien sichtbar sind. Da der Klimawandel aber im 21. Jahrhundert sich weiter fortsetzen wird, ist ein Zusammenhang zwischen diesem Prozess und der Aktivität tropischer Wirbelstürme nicht auszuschließen.

Bildquellen

Abbildung 1:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/f/f0/20070923150925!Hurricane_Kate_\(2003\)-_Good_pic.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/f/f0/20070923150925!Hurricane_Kate_(2003)-_Good_pic.jpg)

Abbildung 2:

<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/3062880/tropische-wirbelstuerme.html>

Abbildung 3:

<http://www.nhc.noaa.gov/climo/>

Abbildung 4:

<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/3062880/tropische-wirbelstuerme.html>

Abbildung 5:

<http://bildungsserver.hamburg.de/wetterextreme-klimawandel/3062880/tropische-wirbelstuerme.html>

Abbildung 6:

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch5s5-2-2.html

Abbildung 7: eigene Abbildung nach Daten des DKRZ.

Quellenverzeichnis

1. www.klimawiki.de

Grafiken des Hamburger Bildungsservers; Texte von Dieter Kasang
(letzter Aufruf: 20.05.12)

2. https://www.goethe-universitaet.de/fb/fb11/iau/klima/PDF_Dateien/Sw_Muenster_2006.pdf

Christian-D. Schönwiese; „Wird das Klima extremer? Definitionen und Befunde von der globalen bis zur regionalen Ebene „
(letzter Aufruf: 28.04.12)

3. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-5-1.html

Working Group I: The Physical Science Basis vom IPCC 2007 (letzter Aufruf: 21.05.12)

4. <http://www.nhc.noaa.gov/climo/>

National Hurricane Centre Florida; Grafiken aus dem Rechenzentrum Vorort
(letzter Aufruf: 21.05.12)

5.

http://www.atmosphere.mpg.de/enid/92d94dd1b496ad1cdc3304a7b4e63156,0/Spezial_Sept_5_Wirbelstuerme/F_Zukunfts-Modelle_4xg.html

T&E – Global Change Magazine for Schools; Modell nach: Knutson & Tuleya, J. Clim., 17, 3477 (2004)

(letzter Aufruf: 21.05.12)

6. http://www.globalwarmingart.com/wiki/File:North_Atlantic_Hurricane_History_png

(letzter Aufruf: 15.05.12)

7.

http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=RI892jsLxcMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=tropische+wirbelst%C3%BCrme&ots=RXdJYAyqUB&sig=cYB8-ugLJ3Opqtn7_oR2UeOKLK4#v=onepage&q&f=true

Studienarbeit von Steffan Galler „Tropische Wirbelstürme – Entstehung und Verbreitung)

(letzter Aufruf: 03.05.12)

8. <http://www.sciencemag.org/content/309/5742/1844.full>

„Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment“

von [P. J. Webster](#), [G. J. Holland](#), [J. A. Curry](#), [H.-R. Chang](#)

(letzter Aufruf: 10.05.12)

9. “Tropische Wirbelstürme” von “Brockhaus – Die Infothek”