



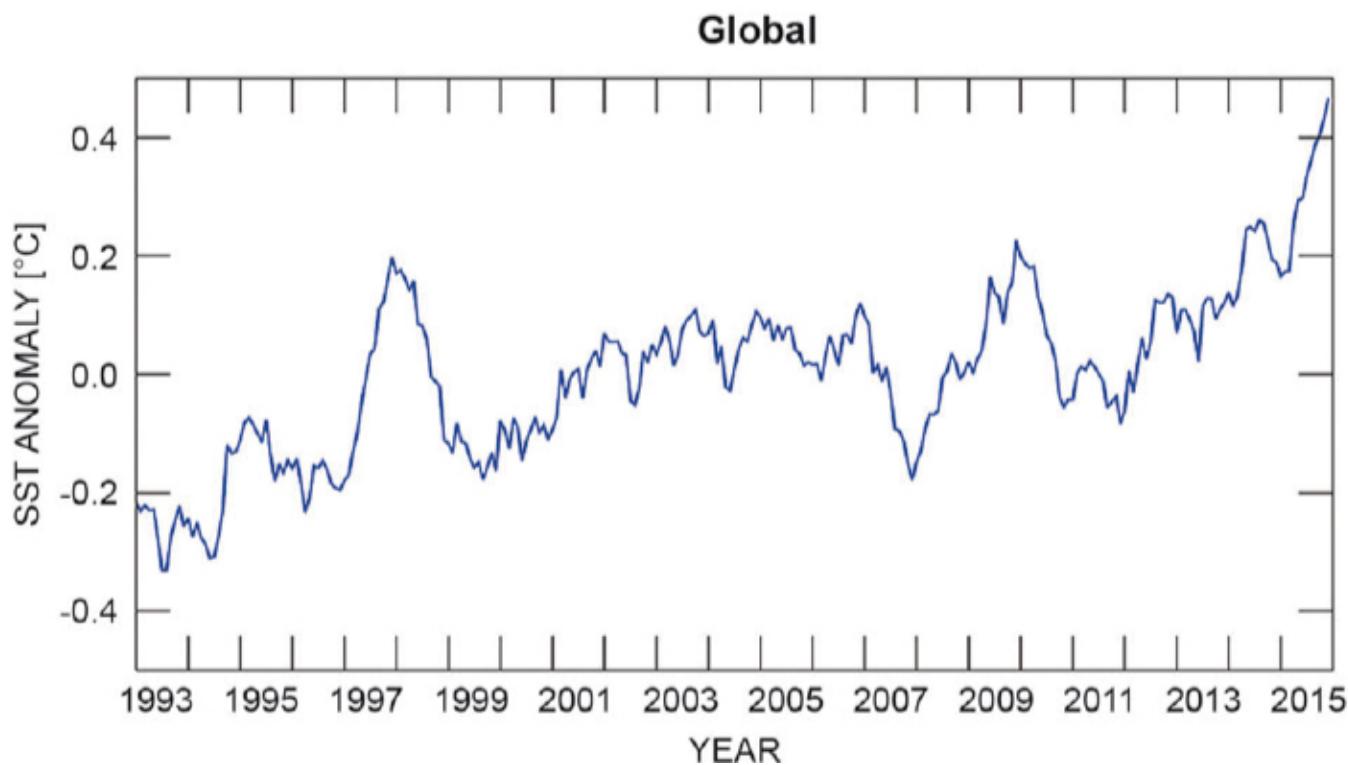
Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

Wie wir im vorigen Artikel gesehen haben, hat sich die Erdoberfläche im vergangenen Jahrhundert um etwa 1 Grad Celsius erwärmt. In diesem Artikel wollen wir ansprechen, wie es sich in dieser Hinsicht mit den Ozeanen verhält.

Alle Artikel unserer Serie über den Klimawandel findet ihr unter diesem Link ...

Auch die Ozeane sind natürlich wärmer geworden, wenn auch etwas weniger als das Land. Da stellt sich natürlich die Frage: **Warum erwärmt sich der Ozean langsamer als das Land?** Dahinter steht die sogenannte thermische Trägheit.

Aufgrund der Tiefe des Ozeans und der thermischen Trägheit, verteilt sich die Wärme nur relativ langsam nach unten durch die unterschiedlich kalten Schichten der Weltmeere. Sonneneinstrahlung, die die Erdoberfläche unmittelbar erwärmt, wird in den oberen Wasserschichten des Meeres erst einmal „zwischengelagert“ und dringt erst später in die tieferen Wasserschichten vor. Wärme hat nun mal die Tendenz, oben zu bleiben und nicht nach unten zu sinken.



Erwärmung der Ozeane

Die langsamere Erwärmung des Ozeans, diese langsamere



Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

Reaktionsgeschwindigkeit auf die Sonneneinstrahlung, führt uns jedoch zu einem weiteren wichtigen Punkt, dem „nicht mehr vermeidbaren Klimawandel“. Und diesen Punkt werden hier mal etwas genauer betrachten.

Der nicht mehr vermeidbare Klimawandel in den Ozeanen ist bereits eingetreten, aber noch nicht in seinen vollständigen Auswirkungen messbar. Er ist bedingt durch den Prozess einer lang anhaltenden, allmählichen Durchmischung warmen Oberflächenwassers mit dem kalten Wasser in der Tiefe. Wärme, die den Ozean langsam nach unten durchdringt. Dieser Prozess ist nicht mehr aufhaltbar oder gar umkehrbar, wenn die Wärmeenergie, die Strahlung der Sonne einmal im Wasser gespeichert wurde. Es setzt etwas ein, von dem wir schon oft gehört haben: **Der langsame Anstieg des Meeresspiegels.**



Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung





Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

Der Meeresspiegel wird in den kommenden Jahrhunderten unaufhaltsam ansteigen.

Wie funktioniert das? Eigentlich ganz einfach: Da Meerwasser sich, wie wir schon in der Schule gelernt haben, bei Erwärmung ausdehnt, steigt der Meeresspiegel langsam an. Und das immer mehr, je weiter die Wärme in die Tiefsee nach unten dringt. Kaltes Wasser wird erwärmt und dehnt sich aus. Das Meer dehnt sich aus, fast wie ein Hefekuchen in der Backröhre...

Dieses Phänomen übertrifft übrigens bei weitem den Anstieg der Meeresspiegel durch Abtauen von Gletschern an Land.

Resultat des nicht mehr vermeidbaren Klimawandels: Selbst wenn wir jetzt sofort alle CO2-Emissionen stoppen, wird der Meeresspiegel weltweit noch mehrere Jahrhunderte lang weiter ansteigen. Solange, bis alle bis jetzt bereits gespeicherte Wärmeenergie abgegeben wurde und keine weitere Erwärmung des Meerwassers mehr stattfindet.

Und die Klimaforscher vermuten zu recht, dass es noch mehr Veränderungen geben könnte, die bereits unumkehrbar eingeläutet sind, deren Auswirkungen wir aber heute noch nicht klar erkannt haben.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, immer wieder daran zu erinnern, dass unsere Ozeane nicht passiv sind, sie sind aktive dynamische und weltumspannende Systeme. Sie transportieren Wärme von den niedrigen in die hohen Breiten, um die Ungleichgewichte der Sonnenerwärmung durch zwei primäre Mechanismen auszugleichen: Ozeanwirbel in der Meereströmung und das sogenannte Förderband der thermohalinen Ozeanzirkulation.

Die **thermohaline Zirkulation**, umgangssprachlich auch **globales Förderband** (englisch *ocean conveyor belt*), ist ein ozeanografischer Ausdruck für eine Kombination von Meereströmungen, die vier der fünf Ozeane miteinander verbinden und sich dabei zu einem globalen Kreislauf vereinen. (Wikipedia)

Der Antrieb für diesen umfangreichen Massen- und Wärmeaustausch ist thermohaliner Natur. Das bedeutet: Er wird durch Temperatur- und Salzkonzentrationsunterschiede innerhalb der Weltmeere hervorgerufen, welche beide für die unterschiedliche Dichte des Wassers verantwortlich sind. Verursacht wird der Temperaturunterschied wiederum durch die Abhängigkeit des Umfangs der Sonneneinstrahlung von der geographischen Breite.



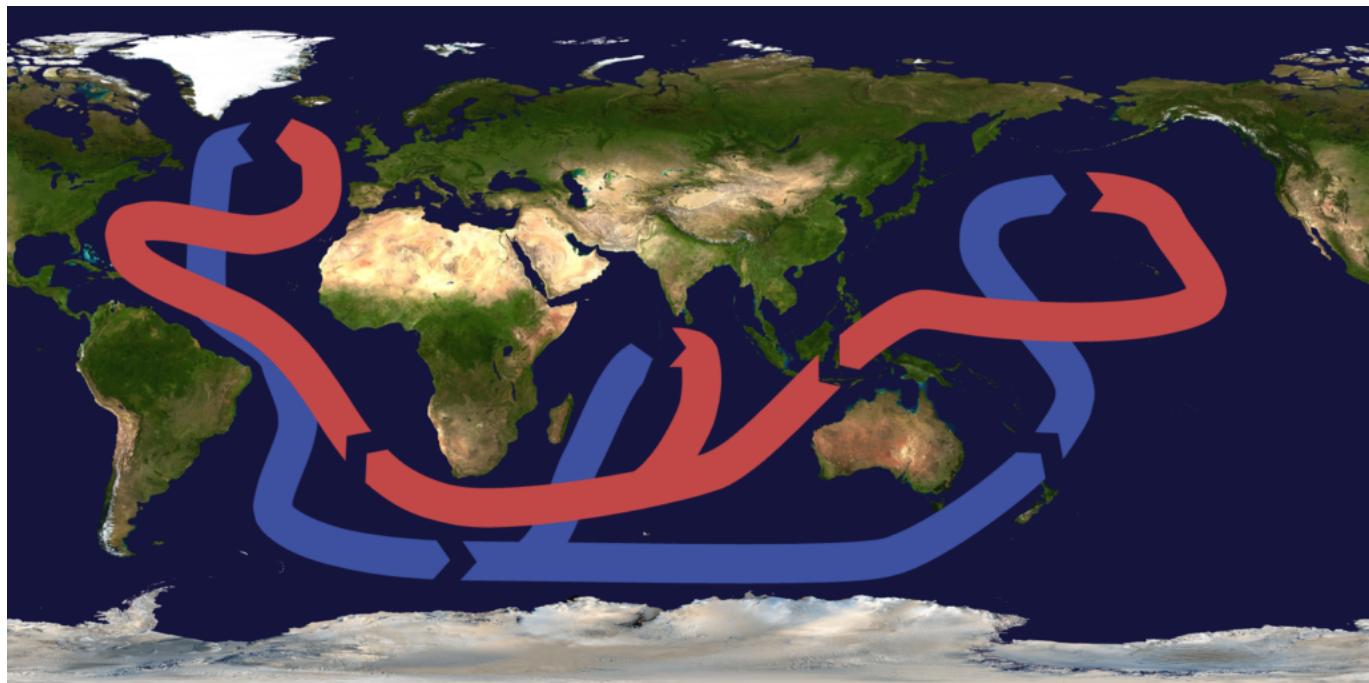
Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

Sind auch bei diesen Mechanismen schon irgendwelche Änderungen als Hinweis auf den Klimawandel zu erkennen?

Sprechen wir zunächst über die Ozeanwirbel. Die Wirbel, die horizontalen Meereströmungen, werden in erster Linie von den Richtungsschwankungen der Oberflächenwinde bestimmt.

Nun kann der Klimawandel die vorherrschenden Windverhältnisse ändern, und das könnte bei diesen Ozeanwirbeln zu Veränderungen führen, aber die Wirbel sind ziemlich robust. Unabhängig davon, wie sich Temperaturmuster und Windmuster ändern, diese horizontalen Wirbel und Strömungen werden wohl weiterhin unablässig Wärme zu den Polen transportieren.

Aber das **globale Förderband, die thermohaline Ozean-Zirkulation**, ist eine andere Sache. Da ist es nicht nur der Fall, dass sich das Zirkulationsmuster eventuell **irgendwann** wegen des Klimawandels schwächen könnte, es schwächt sich tatsächlich **bereits heute** ab. Die thermohaline Zirkulation ist eine Kombination aus salzigen und kalten Eigenschaften des Oberflächenwassers im subpolaren Nordatlantik. Hoher Salzgehalt und Kälte führen zu einer hohen Dichte des Wassers und eine sinkende Bewegung setzt ein. Diese Sinkbewegung bildet das wichtige absteigende Glied der thermohalinen Zirkulation. Jede, auch eine geringe Erwärmung dieser Gewässer könnte dieses Absinken hemmen.



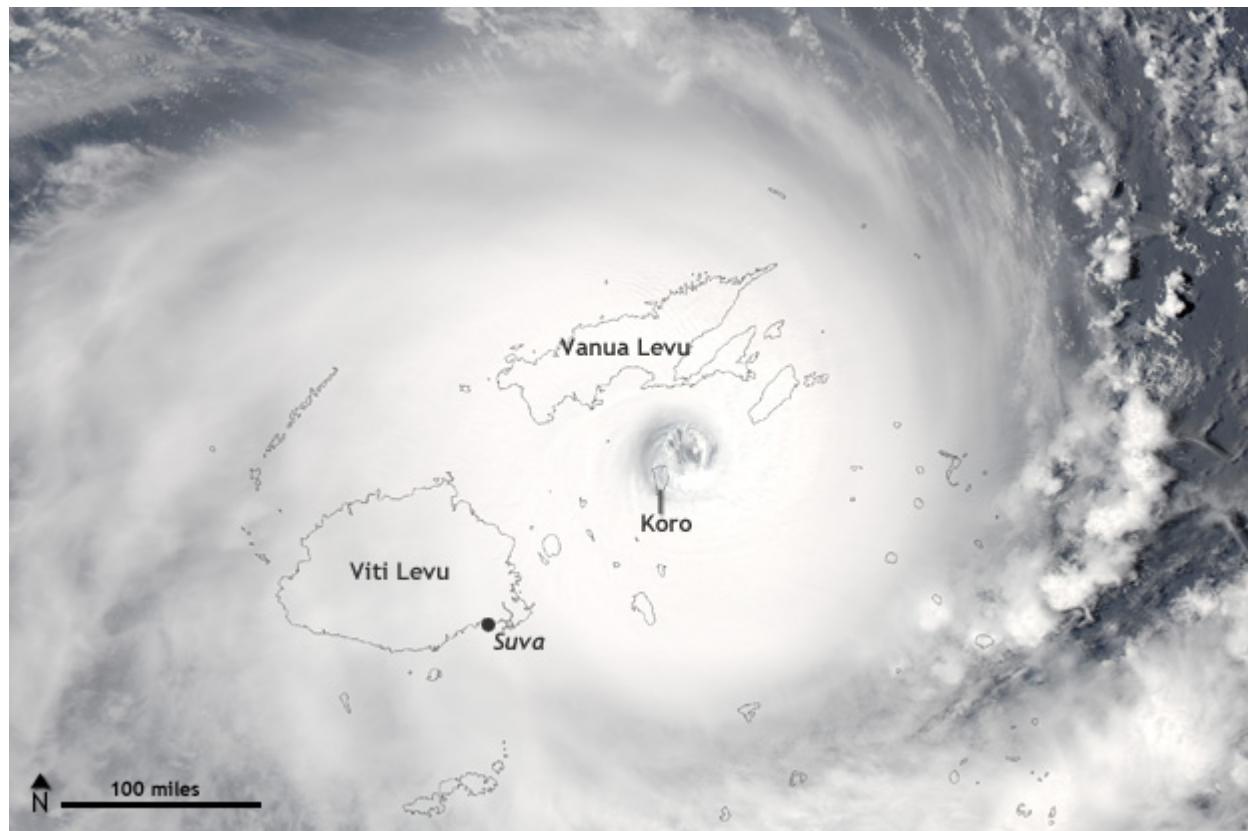
Weltkarte mit Darstellung der thermohalinen Zirkulation. Blau: Kaltes, salziges Wasser in der Tiefe. Rot: Wärmere Strömungen in den oberen, leichten Wasserschichten.



Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

Es wurde lange vermutet, dass die globale Erwärmung durch den verstärkten Zustrom von Süßwasser in den Nordatlantik, insbesondere durch das Abschmelzen des Grönlandeises, den thermohalinen Umlauf bremst. In der Vergangenheit hat es viele Diskussionen darüber gegeben, die jüngsten Beobachtungen scheinen nun darauf hinzudeuten, dass wir jetzt wirklich eine Abschwächung dieses Ozeanzirkulationsmusters beobachten müssen, und es sieht tatsächlich so aus, dass es eine Folge des von Grönland abschmelzenden Eises sein könnte: Schmelzwasser, das in den Nordatlantik fließt und das Oberflächenwasser mit Süßwasser versetzt. Verstärkt wird die Abschwächung der Sinkbewegung zusätzlich durch die Erwärmung der oberen Wasserschichten des Nordatlantiks.

Und das wiederum führt dazu, dass die Oberflächentemperatur langsamer abnimmt. Und was das bedeuten kann, sehen wir im Folgenden.



Zyklon Winston wütet über den Fidschi-Inseln

Nach der Erwärmung der Weltmeere müssen wir jetzt aber auch von extremem Wetter sprechen, insbesondere von Hurrikanen und tropischen Stürmen. Denn beides ist untrennbar miteinander verbunden.



Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

In den letzten Jahren haben wir die stärksten Stürme weltweit aufgezeichnet. Als Beispiele seien genannt der Hurrikan Patricia Oktober 2015 im Nordpazifik und kurz darauf im Frühjahr 2016 der stärkste Sturm, der je in der südlichen Hemisphäre zu messen war, nämlich der Zyklon Winston. Und der stärkste Sturm, der jemals auf dem offenen Atlantik gemessen wurde, das war Irma im Spätsommer 2017.

Es gibt also einen Trend zu extremeren, intensiveren Stürmen und Wissenschaftler haben geschätzt, dass für jedes Grad Celsius Erwärmung der Oberflächentemperaturen der Ozeane die maximalen Windgeschwindigkeiten und die Häufigkeit dieser Stürme insgesamt um etwa sieben Prozent ansteigen können.



Irma wütet in der Karibik

Was bedeutet das für uns Menschen?

Man berechnet das zerstörerische Potenzial eines Hurrikans als dritte Potenz der Windgeschwindigkeit, 7% Zunahme der Windgeschwindigkeit bedeuten also gleichzeitig etwa



Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

23% Zunahme des zerstörerischen Potentials eines solchen Sturmes. Es ist also wahrscheinlich kein Zufall, dass wir in den vergangenen Jahren einen Trend zu intensiveren und zerstörerischeren Stürmen beobachten, da sich die Temperaturen der Ozeanoberfläche erwärmen.

Wenn man das Maß des destruktiven Potentials von Stürmen, mit den Meeresoberflächentemperaturen im Nordatlantik vergleicht, gibt es eine bemerkenswerte Korrelation zwischen diesen beiden Größen. **Als sich die Meeresoberflächentemperaturen über der Hauptentwicklungsregion für Wirbelstürme im tropischen Atlantik erwärmt haben, hat gleichzeitig auch der Energieausstoss, die Zerstörungskraft dieser Stürmen dramatisch zugenommen.**

Allerdings gibt es noch Uneinigkeit unter den Wissenschaftlern darüber, ob die **Zahl der Tropenstürme** sowohl weltweit als auch in Regionen wie dem Nordatlantik mit der globalen Erwärmung zunehmen wird.

Aber es scheint jetzt innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft einen ziemlichen Konsens zu geben, dass **wenn sich die Oberflächentemperaturen erwärmen, wir intensivere und zerstörerische Wirbelstürme erleben werden.**

Also Zusammengefasst: Was sagen uns diese Beobachtungen?

Sie sagen uns, dass neben den Landregionen auf der ganzen Welt, die sich im Durchschnitt etwas mehr als 1 Grad Celsius erwärmt haben, die Ozeane sich um etwas weniger als 1 Grad Celsius erwärmt haben. Die thermohaline Zirkulation der Ozeane scheint sich zu verlangsamen, und bestimmte Arten von extremen Wetterereignissen, insbesondere Hurrikane, werden extremer und eventuell auch häufiger.

Die Zunahme der Intensität von Hurrikanen korreliert mit der Erwärmung der Ozeane. Und das ist die Formel, die die Wissenschaft dafür aufgestellt hat:

1 Grad Celsius Erwärmung der Wassertemperatur der Weltmeere bringt um 7% höhere Windgeschwindigkeiten in den Stürmen und damit ein um 23% höheres Zerstörungspotential!

Wenn das mal nicht bemerkenswerte Aussichten sind...



Klimawandel: 1 Grad wärmere Ozeane = 7% stärkere Stürme = 23% mehr Zerstörung

Insgesamt müssen wir Menschen sofort beginnen, die weitere Erwärmung zu stoppen! Immerhin ist der Anstieg der Meeresspiegel über die nächsten Jahrhunderte schon nicht mehr aufzuhalten. Aber die steigende Zerstörungskraft der künftigen grossen Stürme, die über den Ozeanen entstehen, können wir bis zu einem gewissen Mass noch eindämmen.

In diesem Sinne wünschen wir euch noch einen schönen Sonntagabend.

Andreas M. Brucker, Redaktionsleitung, Nachrichten.fr

Alle Artikel unserer Serie über den Klimawandel findet ihr unter diesem Link ...

Der nächste Artikel beschäftigt sich insbesondere mit extremen Wetterereignissen: Der Klimawandel und die Glockenkurve: Das dicke Ende kommt noch