



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

In der zweiten Artikelreihe betrachteten wir die Messungen, die die Veränderungen in den Eigenschaften unserer Atmosphäre im Laufe der Zeit dokumentieren.

Ziel dieser Messungen ist es zu beurteilen, ob es Trends bei den Faktoren, die das Klima bestimmen, zu geben scheint und ob die Trends mit der Reaktion des Klimasystems auf menschliche Einflüsse übereinstimmen.

Diese Messungen stammen aus einer Vielzahl von Quellen, von Messungen der Veränderungen des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre bis hin zu Beobachtungen und Aufzeichnungen von extremen Wetterereignissen.

Im ersten Artikel der zweiten Reihe stellten wir die Frage:

Klimawandel – Oder sind wir Menschen doch unschuldig?

Und fanden folgende Antwort:

Nein, wir Menschen sind nicht unschuldig! Die Art des Kohlenstoffs (Kohlenstoff-12) beweist, dass der Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre durch menschliche Aktivitäten verursacht ist.

Seit über 60 Jahren gibt es den in der sogenannten Keelingkurve verdeutlichten Anstieg der Konzentration des Treibhausgases CO₂, und weitere Messungen beweisen außerdem, dass das Kohlenstoff-12-Isotop in der Atmosphäre immer dominanter wird und daher ein immer grösserer CO₂-Anteil durch Menschen verursacht wurde.

Im zweiten Artikel kam eine interessante Frage auf: **Woher wissen wir eigentlich, dass eine Erwärmung der Erde wirklich stattfindet?**

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Daten, die über etwa 140 Jahre gesammelt wurden, belegen, dass sich die Erdoberfläche erwärmt. Und in bestimmten Regionen wie der Arktis schreitet die Erwärmung sogar schneller voran als in anderen. **Das vertikale Muster der Erwärmung zeigt, dass sich die Oberfläche und die untere Atmosphäre erwärmen, während die Stratosphäre sich in der Höhe abkühlt**, was wiederum den Treibhauseffekt belegt: Die Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche erreicht nicht mehr die obersten Schichten der Atmosphäre und kann deshalb auch nicht in den Weltraum entweichen.



Da liegt schon eine gewisse Ironie in der Sache: Unten, da, wo wir leben, wird es immer heißer – und ganz weit oben, wo es keinem mehr etwas nützt, wird es immer kühler.

Und wieder gelangen wir zu der gleichen Erkenntnis: Wir müssen die CO2-Emissionen, die offensichtlich das natürliche Gleichgewicht auf eine gefährliche Art und Weise durcheinanderbringen, schnellstmöglich stoppen.

Der dritte Artikel beschäftigte sich mit 2 sehr wichtigen Punkten: Dem nicht mehr vermeidbaren Klimawandel und den zerstörerischen Auswirkungen, unter denen wir Menschen leiden werden.

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 einmal im Wasser gespeichert wurde. Es setzt etwas ein, von dem wir schon oft gehört haben: **Der langsame und unaufhaltsame Anstieg des Meeresspiegels.**

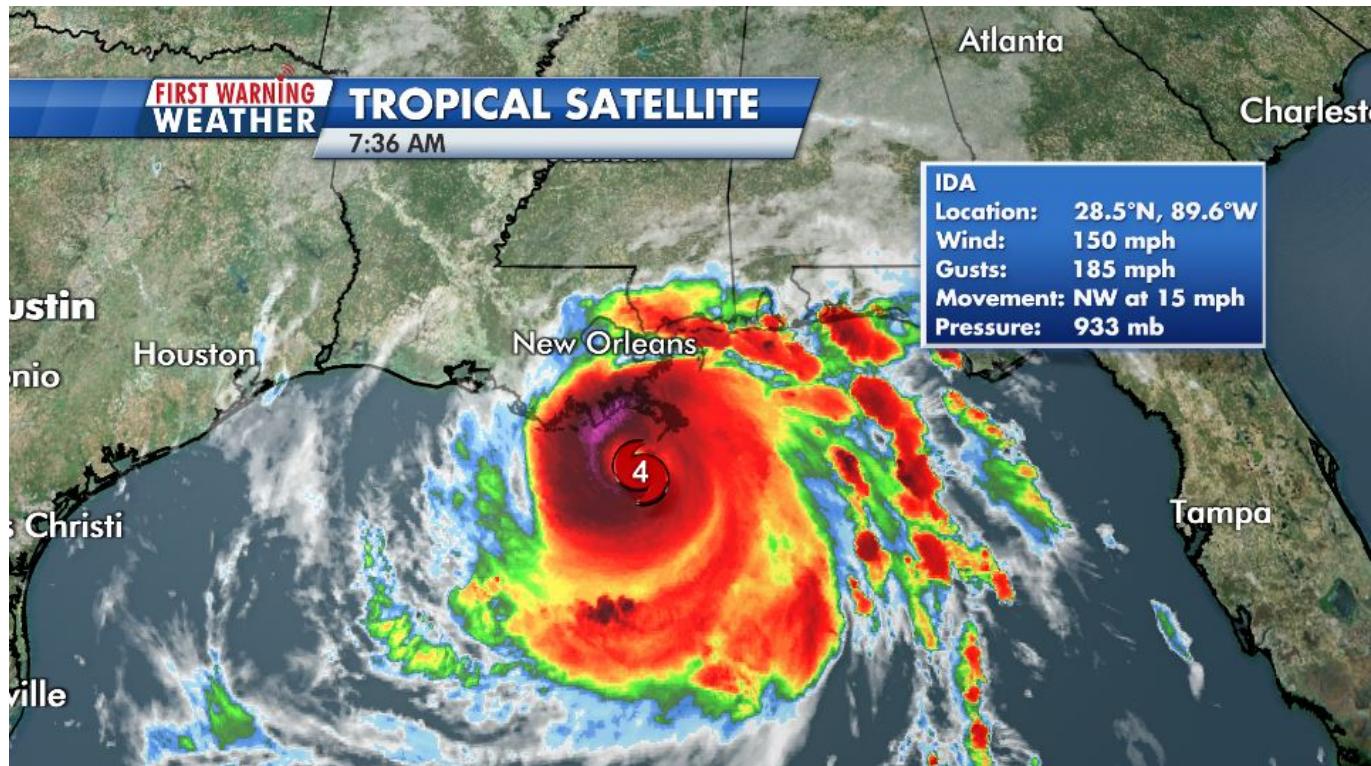


Der Anstieg der Meeresspiegel, der weite Küstenregionen betreffen wird, ist schon heute nicht mehr aufzuhalten – mit keinen Mitteln.

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.

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.

Und heute kommt der Hurrikan Ida:



Hurrikan Ida trifft heute, 29/08/21, mit unglaublicher Zerstörungskraft bei new Orleans auf die amerikanische Küste.

Und heute, am 29. August 2021, wird Hurricane Ida als Sturm der Kategorie 4 in Louisiana auf die amerikanische Küste treffen. Winde mit einer Geschwindigkeit von unglaublichen 242 Stundenkilometern und Flutwellen mit über 3 Metern Höhe werden erwartet!

Ida gilt als der stärkste Sturm, den Louisiana jemals erlebt hat. Wer bitte will so etwas am eigenen Leibe erleben?

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 **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.

Die Zunahme der Intensität von Hurikanen 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!



Folgerichtig musste sich der vierte Artikel mit den Veränderungen der Niederschläge und des Niederschlagsmusters befassen.

Denn die Niederschlagsmuster spiegeln am deutlichsten die früheren und künftigen Auswirkungen des Klimawandels wieder.

Wenn sich die Erde erwärmt, wenn sich die Ozeane erwärmen und mehr Feuchtigkeit in die Atmosphäre verdunstet, kann es zu intensiveren Niederschlägen kommen. Selbst in Regionen, in denen öfter Dürre herrscht, kann es zu intensiveren Niederschlägen und intensiveren Schneefällen kommen, weil eine wärmere Atmosphäre mehr Feuchtigkeit speichert. Wenn also die Bedingungen für Niederschläge günstig sind, wenn es durch die Erwärmung zu einer Aufwärtsbewegung in der Atmosphäre kommt, kann tatsächlich mehr Niederschlag aus der Atmosphäre herauskommen.



Nicht nur Hitzeperioden – auch extreme Regenfälle und Hochwasser sind Auswirkungen der globalen Erderwärmung und des Klimawandels.

Auch diese Veränderungen stimmen mit dem überein, was wir als Folge des Klimawandels erwarten, nämlich dass sich der trockene Wüstengürtel mit der Erwärmung des Planeten polwärts ausbreitet, während die Gesamtniederschläge weltweit und im Norden Europas zunehmen.

Und das zeigt uns einmal mehr, welch tiefgreifende Auswirkungen selbst eine geringe Erwärmung auf das Klima haben kann. Wenn wir so weitermachen wie bisher, könnte ein Sommer wie der europäische Sommer 2003 in relativ naher Zukunft einmal alle zwei Jahre auftreten. Eine katastrophale Hitzewelle würde in Europa und in vielen anderen Regionen der Welt zu einem zweijährlichen Ereignis werden – mit zehntausenden Toten.



Der fünfte Artikel begann mit einer traurigen Feststellung:

Das Eis in seinen verschiedenen Formen, Meereis, Gletscher und Eisschilde, schwindet weltweit.

Einer der alarmierendsten Trends ist, dass vor allem das mehrjährige Eis in den letzten Jahrzehnten geringer wurde. Tatsächlich gibt es nur noch sehr wenig mehrjähriges Eis, das meiste Eis, das wir inzwischen in der Arktis sehen, ist das saisonale Meereis, das dünne Eis, das mit den Jahreszeiten kommt und geht und oft nicht dick genug wird, um jagende Eisbären zu tragen.



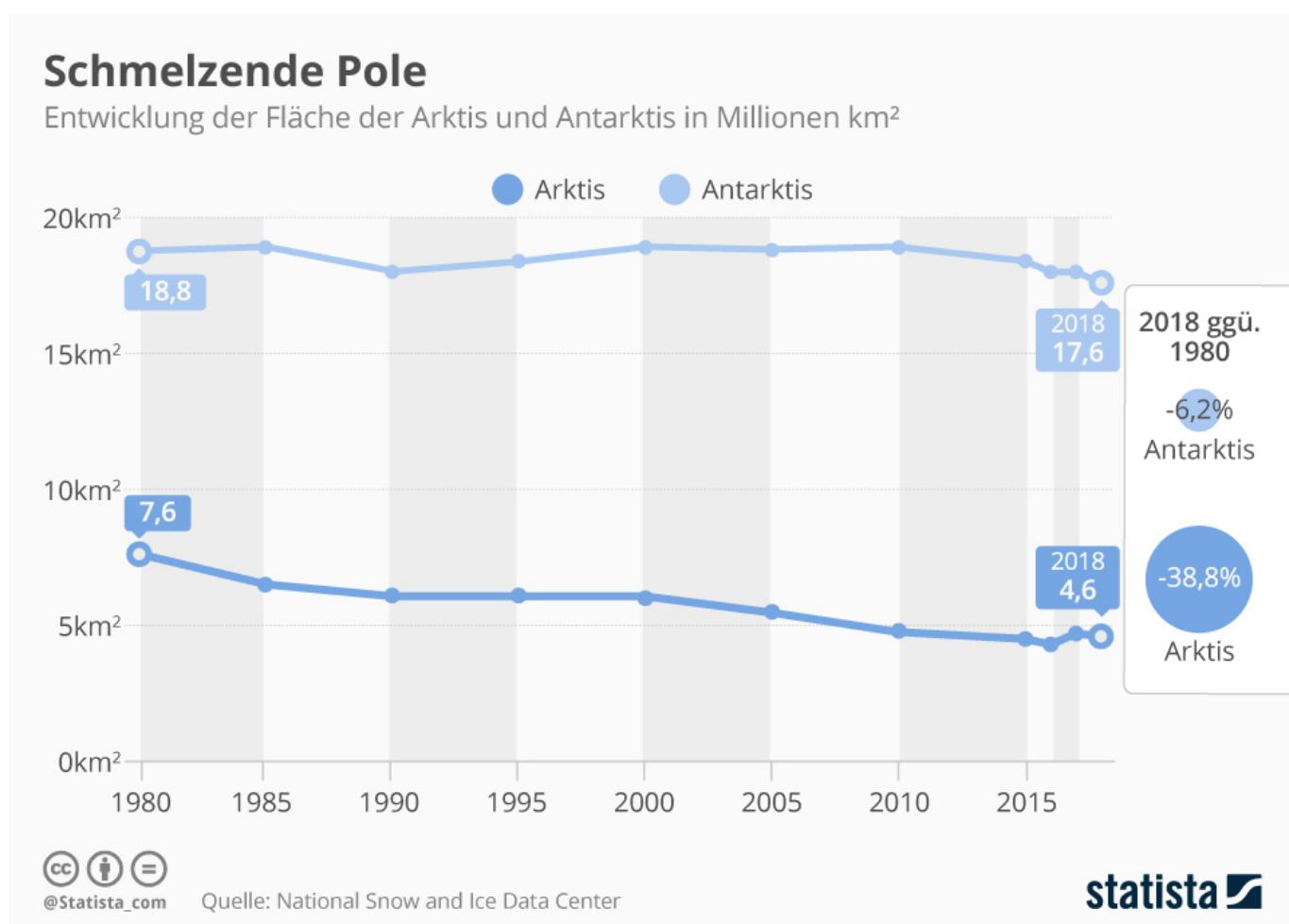
Immer grössere Teile des mehrjährigen Eises in der Arktis schmelzen ab: In knapp 40 Jahren hat die Arktis fast 40% ihres Eisschildes verloren.

Auch bei den Gletschern sehen wir einen ähnlichen Trend. Es gibt das Gletscherwachstum, das durch Akkumulation von Schneefall den Gletscher wachsen lässt, und die Ablation, die den Verlust von Eis, entweder durch Abschmelzen oder durch direkte Sublimation von Eis in die Atmosphäre, beschreibt.



Betrachtet man den Trend der Messdaten, so zeigt sich, dass die Gebirgsgeletscher rund um den Globus im letzten Jahrhundert in dramatischem Tempo zurückgegangen sind. **Aber warum passiert das?** Nun, insbesondere wärmere Sommer führen zu einem höheren Eisverlust, der die Winterakkumulation, das durch Schneefall sich neu bildende Eis, übersteigt.

Werfen wir einen Blick auf die aggregierten Daten aus Satellitenmessungen, die uns Aufschluss über die Gesamtveränderungen der Eismasse dieser beiden kontinentalen Eisschilde, des arktischen und des antarktischen Eisschilde, geben. Und wir sehen, dass diese Eisschilde bereits beträchtliche Mengen an Eis verloren haben.



Wenn man noch vor einem Jahrzehnt Experten auf diesem Gebiet gefragt hätte, was sie erwarten würden, hätten sie gesagt, dass wir wahrscheinlich bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts keinen nennenswerten Verlust an Eis bei diesen beiden kontinentalen



Eisschilde sehen würden. Und zwar deshalb, weil die Modelle mit der Erwärmung der Ozeane höhere Niederschläge und damit eine verstärkte Ansammlung von Schnee im Zentrum der Eisschilde vorhersagten, was den verstärkten Verlust an der Peripherie der Eisschilde durch die Erwärmung der Ozeane ausgleichen würde. Das war leider ein Irrtum.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass alle Bereiche der Kryosphäre, von den Gebirgsgletschern bis hin zu den kontinentalen Eisschilden, in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich an Eis verloren haben.

Ist ja eigentlich auch logisch und leicht zu verstehen: Während sich die Erde weiter erwärmt, schmilzt auch das Eis weiter.

Was sind die Folgen dieser Eisschmelze? Nun, die Tatsache, dass die Eisschilde früher als von den meisten Modellen der Wissenschaftler vorhergesagt zu kollabieren beginnen, bedeutet, dass wir den Beitrag des schmelzenden Eises beim Anstieg des Meeresspiegels früher als erwartet erleben werden.

Und tatsächlich steigt auch der Meeresspiegel schneller, als noch vor einem Jahrzehnt vorhergesagt.

Vor diesem Hintergrund muss man leider sagen: Haltet euch in etwa 50 Jahren von den Küsten fern – es könnte nass und ungemütlich werden. Auf alle Fälle sollten Besitzer von Liegenschaften in unmittelbarer Küstennähe mit einem einsetzenden Wertverlust in den kommenden Jahrzehnten rechnen, der gegen Ende des 21. Jahrhunderts auch ein Totalverlust werden könnte.

Der sechste und letzte Teil der zweiten Artikelserie beschäftigte sich mit der Erdgeschichte und den Klimaveränderungen der vergangenen 100 Millionen Jahre bis heute.

Eines der häufigsten Argumente, das wir von Personen hören, die den Klimawandel nicht für vom Menschen gemacht halten, ist, dass sich das Klima doch schon immer geändert hat, dass die globale Erwärmung doch Teil eines natürlichen Prozesses sei.

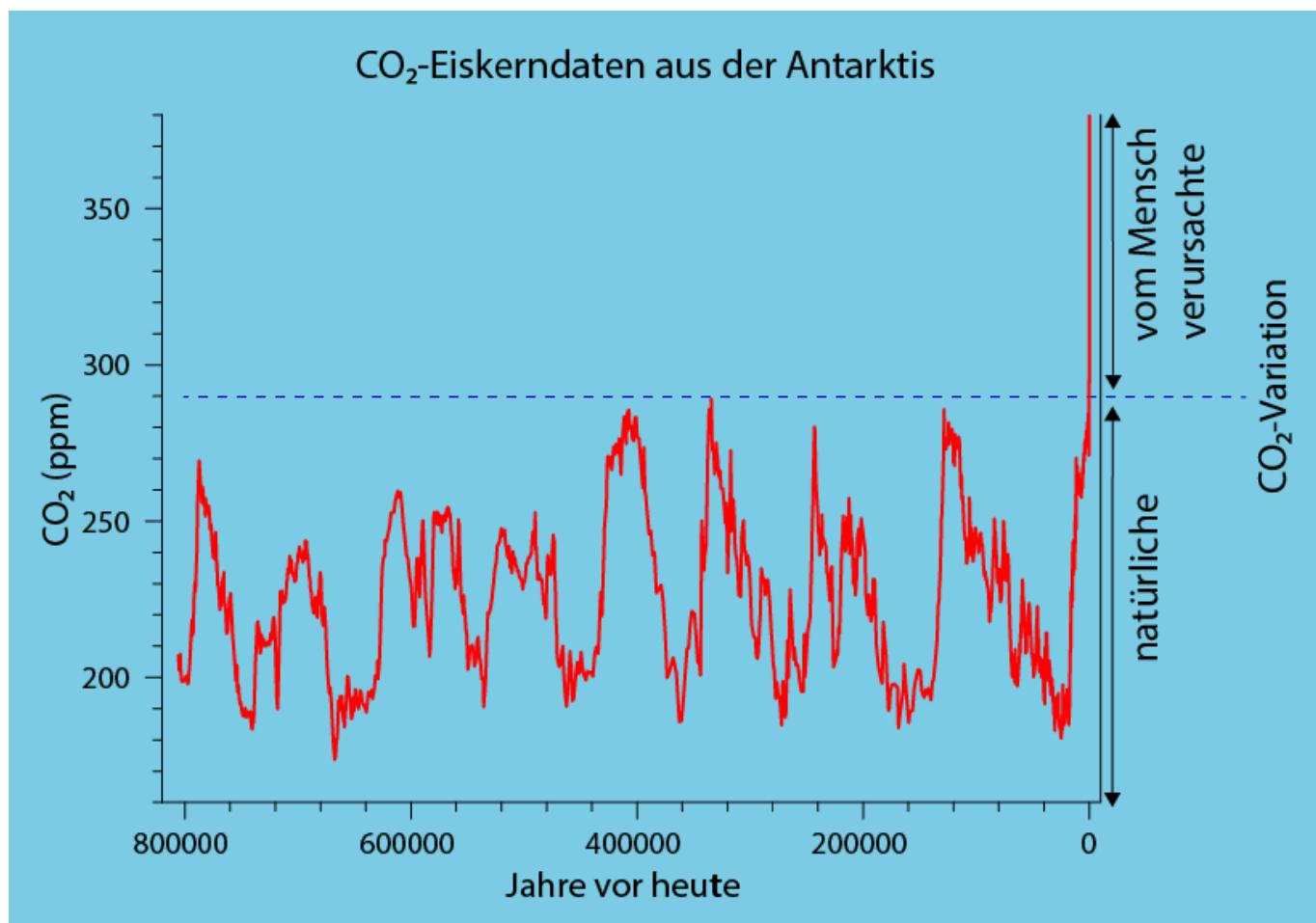
Natürlich ist das ein Argument, dass man nicht einfach vom Tisch wischen kann. Und ja, in diesem Punkt haben sie sogar recht, die Leugner eines menschengemachten Klimawandels: Das Klima wandelt sich, seit es ein Klima auf unserem Planeten gibt. Auch stimmt es, dass



die Temperaturen und der CO₂-Gehalt der Atmosphäre vor Millionen von Jahren schon wesentlich höher waren als heute.

Aber all das ist für uns Menschen nicht ausschlaggebend. Wichtig ist lediglich die Frage: Können wir mit dem jetzigen Tempo des Klimawandels mithalten? Welchen Schaden wird er der Menschheit bringen? Wird sie ihn überhaupt überleben?

Wir haben festgestellt, dass die paläoklimatischen Beweise auf historischen Zeitskalen, auf Jahrtausendzeitskalen, die das Kommen und Gehen von Eiszeiten zeigen, und auf den längsten geologischen Zeitskalen, die uns bis ins Zeitalter der Dinosaurier zurückführen, zeigen, dass die heute stattfindende Erwärmung einmalig ist. **Dass die Erwärmungsrate, die wir aufgrund des vom Menschen verursachten Klimawandels beobachten, jede Erwärmungsrate übersteigt, die die Wissenschaft für irgendeinen Zeitpunkt in der Vergangenheit dokumentieren konnte.**





Die Untersuchung des Klimas in der Vergangenheit unterstreicht die Rolle, die der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgase heute für die globale Erwärmung und den Klimawandel spielt.

Und niemand vermag zu sagen, ob die Menschheit dazu in der Lage ist, eine Klimaveränderung in einem solchen Ausmass und in dieser nie da gewesenen Geschwindigkeit überleben zu können – falls es uns nicht gelingt sie zu stoppen.

Unsere grosse Artikelserie über den Klimawandel soll dazu beitragen, ein Basiswissen zu bekommen, das notwendig ist, um ein Verständnis für die komplexen Zusammenhänge des Klimas zu erlangen. Ausserdem hoffen wir auch, Argumente und Informationen zu liefern, die mithelfen können, Leugner des vom Menschen verursachten Klimawandels davon zu überzeugen, dass sie sich die Sache nochmals überlegen sollten...

Weiter geht es mit dem dritten Teil unserer grossen Artikelserie, der sich mit den Klima- und Wettermodellen beschäftigt, die die Wissenschaftler nutzen, um die Zukunft vorherzusagen. Und wie bei jeder Vorhersage kommt es auf kleinste Details an, die wahrhaft grosse Auswirkungen haben können. Hier der Link: Klimamodelle oder wie die Wissenschaft unsere Zukunft sieht

Andreas M. Brucker, Redaktionsleitung, Nachrichten.fr

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

Und hier nun, wie versprochen, eine Liste von wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu den behandelten Themen:

IPCC 2014: Observed Changes and Their Causes

Citation: IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 39-54.

National Climate Assessment 2018, Chapter 2 - Our changing climate



Citation: Hayhoe, K., D.J. Wuebbles, D.R. Easterling, D.W. Fahey, S. Doherty, J. Kossin, W. Sweet, R. Vose, and M. Wehner, 2018: *Our Changing Climate. In Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II* [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R. Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 72–144. doi: 10.7930/NCA4.2018.CH2

Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations

Citation: Mann, M. E., Bradley, R. S., & Hughes, M. K. (1999). Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations. *Geophysical Research Letters*, 26(6), 759-762.

Record temperature streak bears anthropogenic fingerprint

Citation: Mann, M. E., S. K. Miller, S. Rahmstorf, B. A. Steinman, and M. Tingley (2017), *Record temperature streak bears anthropogenic fingerprint*, *Geophys. Res. Lett.*, 44, doi:10.1002/2017GL074056.