



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

In der heute beginnenden dritten Phase unserer grossen Artikelserie über den Klimawandel werden wir uns heute zunächst den Modellen der Klimavorhersage widmen.

Auch wenn wir in den vorherigen Artikeln die Beweise dafür gefunden haben, dass sich die Erde wirklich erwärmt und dass es eine ganze Reihe von Veränderungen im Klimasystem gibt, die mit der Erwärmung zusammenhängen, und auch wenn diese Veränderungen auf einen vom Menschen verursachten Klimawandel hindeuten, können aus diesen Trends und Feststellungen alleine keine Schlüsse auf künftige Entwicklungen gezogen werden. Hier kommen die theoretischen Klimamodelle ins Spiel.



Mit komplexen Modellrechnungen berechnen Wissenschaftler das Ausmaß und die Folgen des Klimawandels. Um die Qualität der Berechnungen zu überprüfen, füttern sie ihre Computer auch mit Daten aus der Vergangenheit. Bild: AWI

Erst die Klimamodelle ermöglichen es uns, Annahmen über den Fortschritt und die Auswirkungen des Klimawandel zu testen. Ist es doch klar, dass nur verlässliche und immer wieder überprüfte Modelle vorhersagen können, wie hoch oder niedrig eine Erwärmung der Erde bei einer vom Menschen verursachten Veränderung der Treibhausgaskonzentration ausfallen könnte.

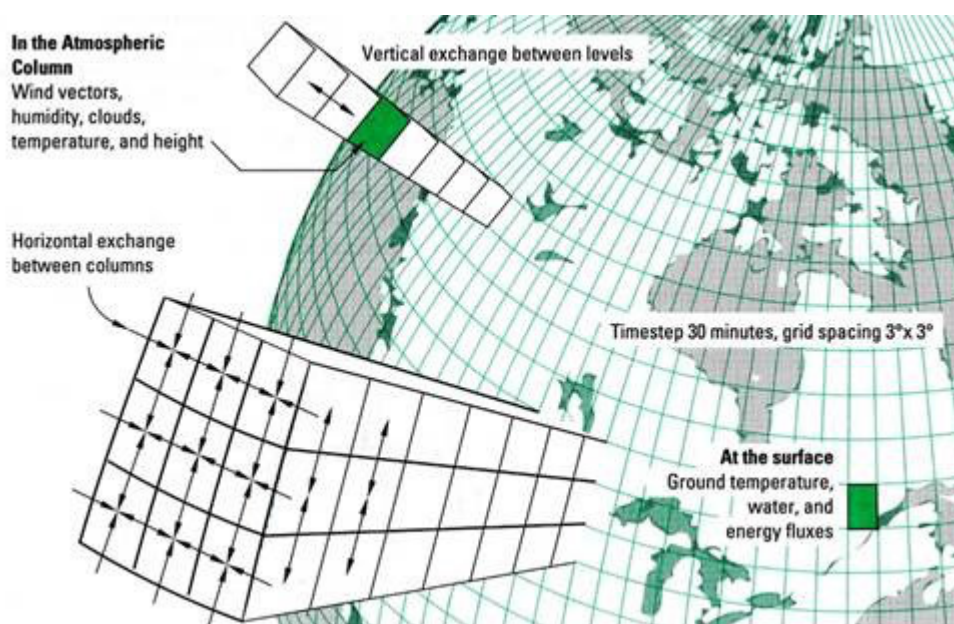
Die einfachen Klimamodelle bilanzieren das von der Sonne einfallende Sonnenlicht und die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmestrahlung (Sonnenerwärmung = kurzwellige Strahlung, die von der Erdoberfläche ausgehende Wärme = langwellige Strahlung, siehe:



Klimawandel: Wie genau funktioniert eigentlich diese Erderwärmung?).

Bei den einfachsten Modellen wird die ein- und ausgehende Strahlung bilanziert, und man kann so die Temperatur der Erde berechnen. So ein Modell mag nützlich sein, wenn man verstehen will, wie viel Erwärmung wir im globalen Durchschnitt bei einem Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen erwarten können. Aber wenn man sich für die Niederschlagsmuster in Europa oder die Schneefälle im Osten der USA, für Veränderungen in den Meeresströmungen oder für eine beliebige Anzahl von unzähligen Klimavariablen und regionalen Einflüssen interessiert, die für stimmige Vorhersagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Gesellschaft von Interesse sein könnten, dann kann man mit einem Modell, das eine so einfache Wärmebilanz zieht, natürlich nicht viel anfangen.

Dieses einfache Modell nennen die Klimaforscher das 0-dimensionale Energiebilanzmodell.

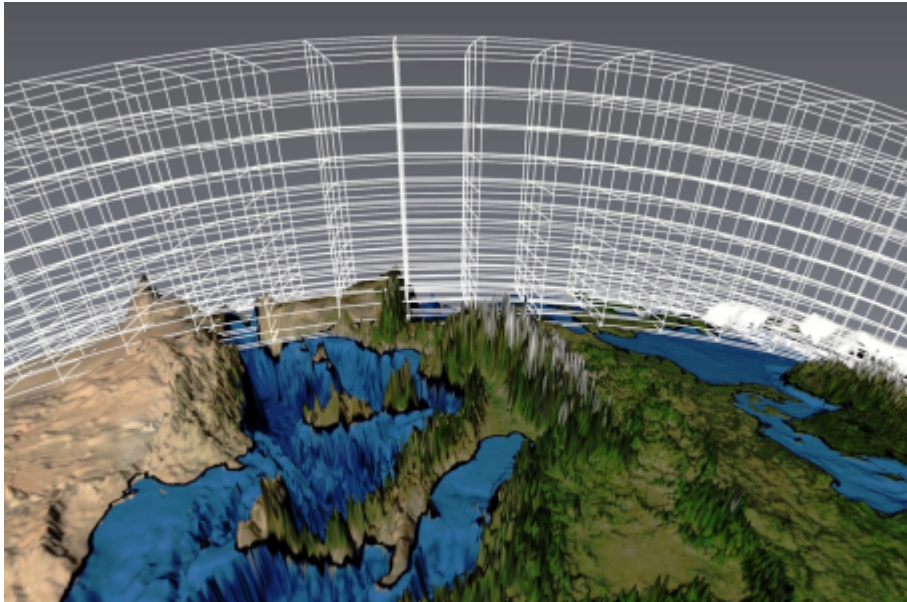


Und natürlich haben die Forscher immer ausgefeiltere Modelle entwickelt, die schließlich zu dem führen, was man **globale gekoppelte Klimamodelle** nennt, bei denen man die Atmosphäre in viele verschiedene Boxen rund um den Globus aufteilt und die physikalischen Gleichungen für jede dieser Boxen und deren Wechselwirkung miteinander in Verbindung setzt und auflöst.

Für den Ozean macht man dasselbe, man unterteilt ihn in viele verschiedene Boxen und beschreibt die Temperaturschwankungen, aber man lässt auch Windmuster, Meeresströmungen, Niederschläge und alle anderen Variablen einfließen, die von Interesse

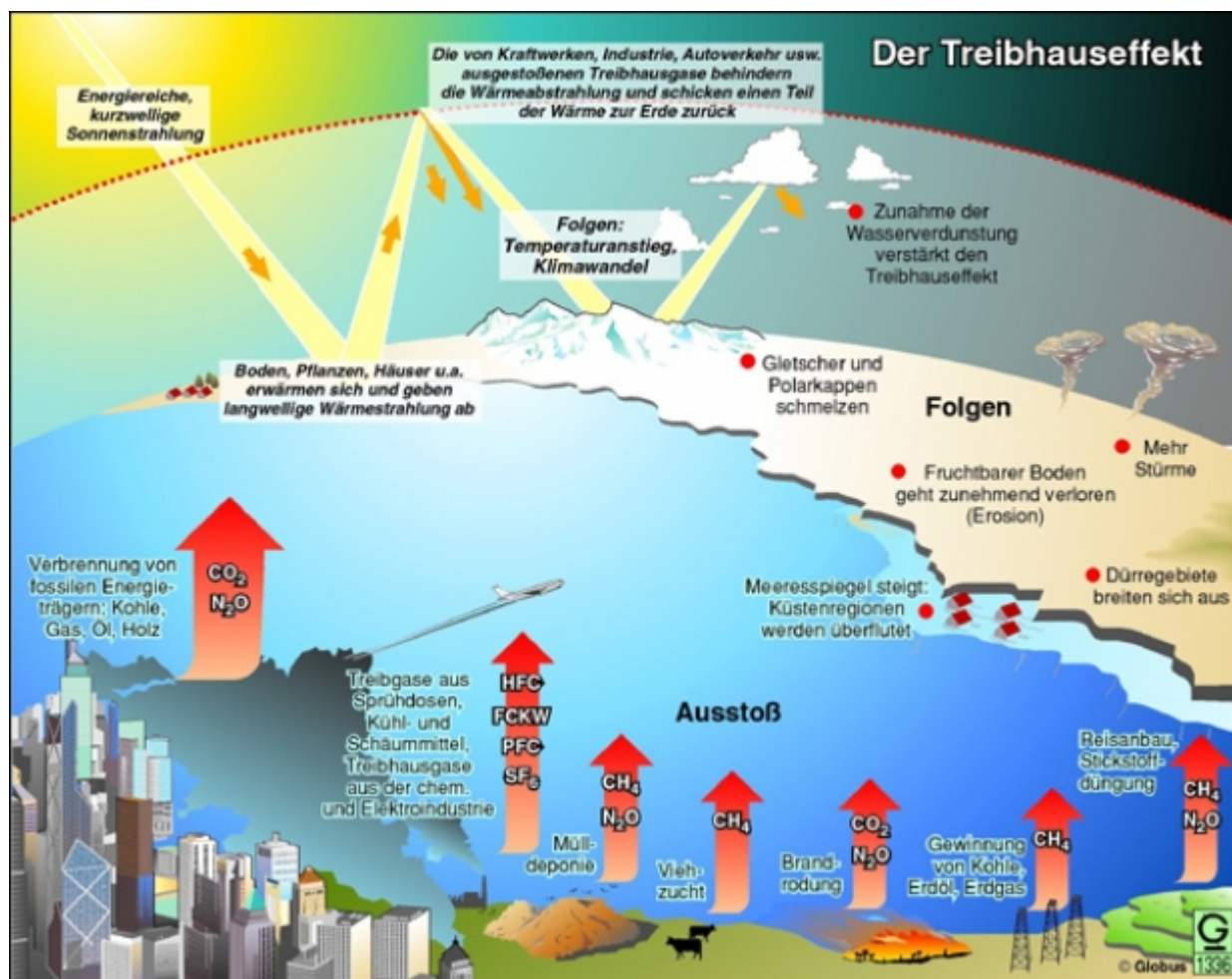


sein könnten.



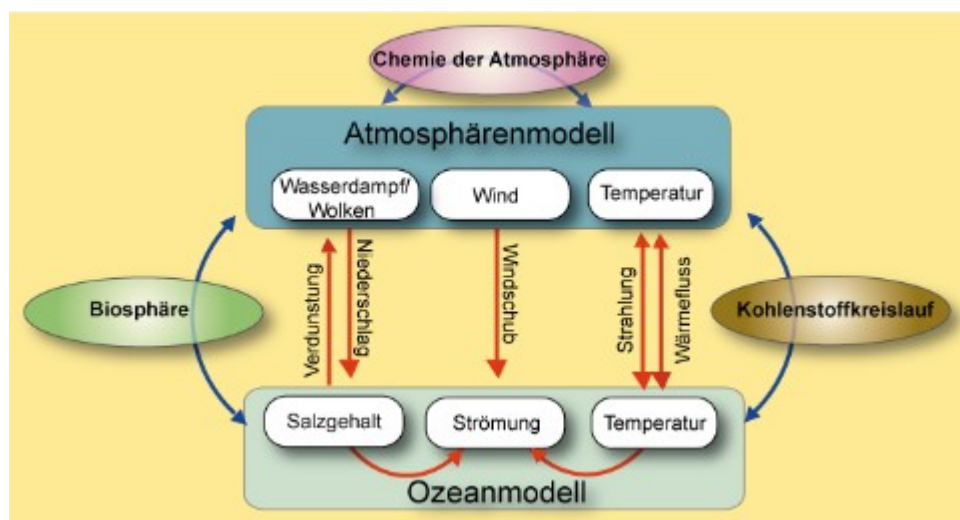
Ein sogenanntes globales gekoppeltes Klimamodell, in das die bekannten Besonderheiten möglichst engmaschig und genau eingefügt werden.

In gewissem Sinne ähnelt ein gekoppeltes Klimamodell den numerischen Wettervorhersagemodellen, die heute zur Vorhersage des Wetters rund um den Globus verwendet werden. Mit einem wichtigen Unterschied: Beim Klima sind die Zeitspannen der Vorhersage wesentlich länger, und daher können wir uns nicht nur auf die Atmosphäre konzentrieren und beschränken, sondern müssen auch die Ozeane und die Biosphäre einbeziehen. Die Rolle, die das menschliche und tierische Leben für das Klima spielt, die Vegetation, der Kohlenstoffkreislauf, das Gleichgewicht des Kohlenstoffs in den Klimasystemen, die Eisschilde und Gletscher und wie alle mit den jeweils anderen Komponenten interagieren – das alles muss Bestandteil eines verlässlichen Klimamodells sein.



Quelle: Bundeszentrale für politische Bildung

Am Ende erhält man ein komplexes Modell, das buchstäblich aus Tausenden von Zeilen Computercode besteht und auf einem Superrechner ausgeführt werden muss, um die Lösungen für alle interessierenden Gleichungen und Formeln zu erhalten.



Aber der Aufwand lohnt sich, denn es gibt eine lange Reihe von Möglichkeiten, Klimamodelle zu nutzen. Nicht zuletzt können wir sie sogar dazu verwenden zu verstehen, was in der Vergangenheit passiert ist.

So ist es zum Beispiel möglich, die Eiszeiten zu reproduzieren, wenn das Muster der Sonneneinstrahlung in Verbindung mit den verschiedenen Änderungen der Erdumlaufbahn in der Vergangenheit in Verhältnis gesetzt werden. Aber können wir die Wärme der frühen Kreidezeit vor hundert Millionen Jahren in einem Modell reproduzieren (und damit erklären), als die Treibhausgaskonzentrationen wesentlich höher waren als heute?

Ja, genau das haben Klimawissenschaftler bereits versucht, und es ist ihnen gelungen, diese längst vergangenen Klimaveränderungen zu modellieren. **Die daraus entstandene Fähigkeit, das Geschehene korrekt zu beschreiben, gibt uns natürlich auch Aufschluss über die Zuverlässigkeit dieser Modelle bei der Beschreibung des heutigen Geschehens und der erwarteten Veränderungen in der Zukunft.**

Verlässliche Klimamodelle sind sehr wichtig, um die richtigen Schlüsse aus der derzeitigen Situation zu ziehen und natürlich auch, um die richtigen Prognosen für die Zukunft zu erstellen. Schließlich gehen wir davon aus, dass wir durch unsere Handlungen, durch Änderungen in unserem Leben, im Transport, in der Industrie und unserer Einstellung zu der Natur noch einige Weichen für die Zukunft stellen können. Damit diese Weichen aber an der richtigen Stelle in die richtige Richtung weisen, brauchen wir funktionierende Klimamodelle, die unsere Bemühungen entweder bestätigen oder Fehler aufzeigen.

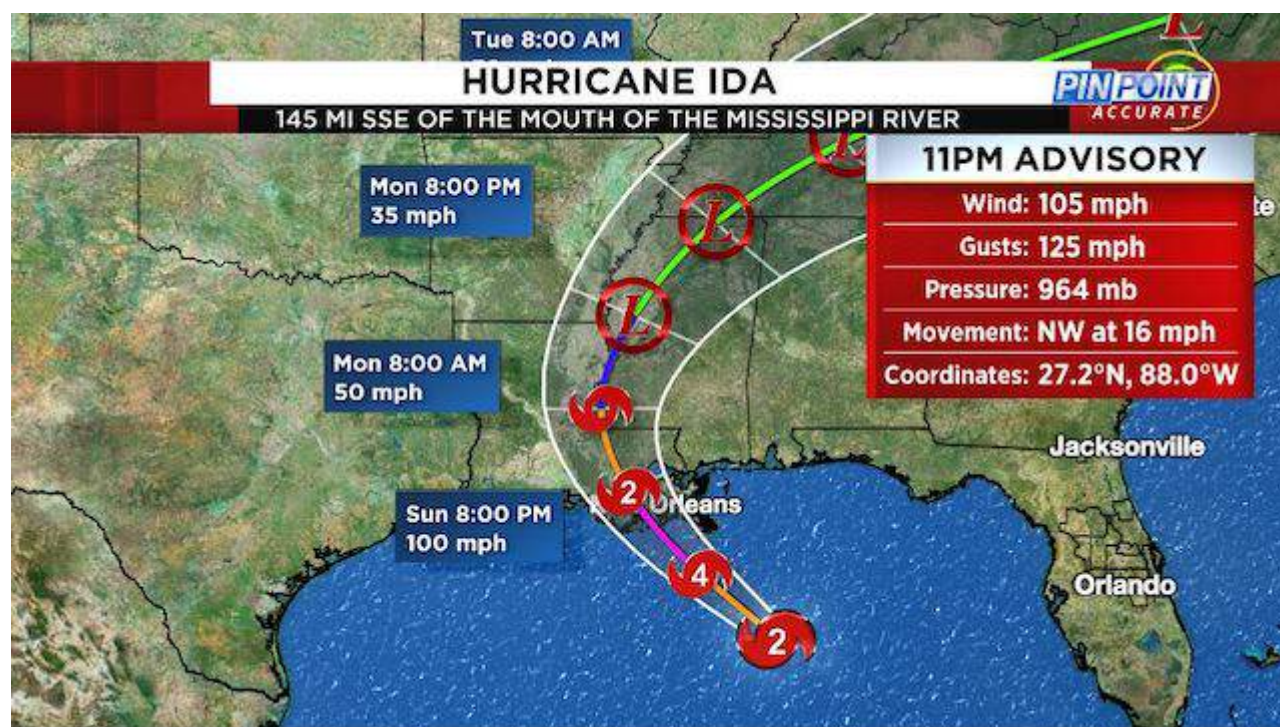
Gute Modelle, die mit verschiedenen Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre



gefüttert werden, sagen uns voraus:

- wie sich die zukünftige Erwärmung des Planeten darstellen wird
- wie sich die Verschiebung von Luft- und Meeresströmungen auf das Klima und unser Wetter auswirken werden
- wie die Verschiebung von Niederschlags- und Trockenheitsmustern zu erwarten ist
- wie sich all die anderen Dinge, die uns interessieren, da sie für unser Überleben wichtig sind, entsprechend verändern.

Die Modelle ermöglichen es uns nicht nur, unser Verständnis der Physik, der Chemie und der Biologie der verschiedenen Komponenten, aus denen das Klimasystem der Erde besteht, theoretisch-wissenschaftlich zu formalisieren. Sie werden uns dabei helfen, unsere Städte so umzugestalten, dass wir mit der Erwärmung besser umgehen können. Sie werden uns auch dabei helfen, unsere Küstenregionen entsprechend dem Anstieg des Meeresspiegels umzugestalten und abzusichern. Und natürlich werden sie uns dabei helfen, uns auf häufigere, heftigere und zerstörerischere Stürme in der Zukunft einstellen zu können.



Hier ein höchst aktuelles Beispiel: Am Sonntag traf der Hurrikan Ida in New Orleans auf die Küste und zog mit Windgeschwindigkeiten von etwa 240 km/h über die Stadt. Wissenschaftler hatten vor Überflutungen gewarnt, wie man sie bereits Ende August 2005 in



New Orleans erlebte. Glücklicherweise waren die Verantwortlichen der Stadt und des Staates Louisiana klug genug, mit den Klimamodellen, die ihnen zur Verfügung standen, verschiedene Szenarien durchzuspielen und dadurch geeignete Sicherungsmassnahmen zu ergreifen. Das Resultat: Der Sturm Ida war zwar stärker als Katrina, aber die Folgen der Sturmflut sind offensichtlich wesentlich geringer als damals. Den Klimamodellen sei es gedankt!

Wir beschäftigen uns in dieser Woche mit den Klimamodellen, weil sie im Endeffekt helfen können und werden, viele Menschenleben zu retten.

Mit Hilfe dieser mathematischen Modelle können wir fundierte Prognosen darüber erstellen, was wir in der Zukunft unter verschiedenen möglichen Szenarien, zum Beispiel in Bezug auf das Auftreten heftiger Wetterphänomene, erleben könnten.

Ist es nicht viel beruhigender zu sehen, dass die Zukunft berechnet werden kann und nicht in einer Kristallkugel errahnt werden muss?

Hier geht es zum nächsten Artikel: Klimawandel: Szenarien einer ungewissen Zukunft

Bis dahin, bleibt gesund!

Andreas M. Brucker, Redaktionsleitung, Nachrichten.fr

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

Und hier noch einige Links für Neugierige:

National Oceanic and Atmospheric Administration. (n.d.). *Climate Models*. Retrieved from climate.gov: <https://www.climate.gov/maps-data/primer/climate-models>

McSweeney, R., & Hausfather, Z. (2018, January 15). *Q&A: How do climate models work?* Retrieved from Carbon Brief: <https://www.carbonbrief.org/qa-how-do-climate-models-work>

Australian Government Department for Environment. (n.d.). *Climate Sensitivity Fact Sheet*. Retrieved from environment.gov.au: <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/d3a8654f-e1f1-4d3f-85a1-4c2d5f354047/files/factsheetclimatesensitivitycsiro-bureau.pdf>