



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

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

Es besteht Einigkeit darüber, dass alle Lebewesen, einschließlich der Menschen, sich im Prinzip auch an starke Veränderungen des Klimas anpassen können. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Veränderungen langsam über Tausende oder Hunderttausende von Jahren stattfinden.

Die Anpassung an Veränderungen die in Zeiträumen von nur einigen Jahrzehnten stattfinden, ist weitaus schwieriger. Meist sogar unmöglich.

Nun ist es aber so, dass die Daten und Messungen der Klimaforscher zeigen, dass der Klimawandel innerhalb von weniger als 100 Jahren eingetreten ist. Die gleichen Daten zeigen auch ganz klar, dass er nur durch menschliche Aktivitäten verursacht sein kann. In den vergangenen etwa 100 Jahren gab es keine grossen und über Jahre andauernden Vulkanausbrüche oder andere Naturereignisse, die eine so hohe Zunahme der Konzentration an Treibhausgasen in unserer Atmosphäre erklären könnten.





Wir sehen uns vor ernsthafte Herausforderungen und Probleme gestellt, allein bei der Suche nach der Antwort auf die Frage: Was können wir tun, um den Klimawandel zu stoppen und seine Auswirkungen abzufedern?

Die gerade gestellten Fragen führen zu immer weiteren Fragen: Was können wir tun, um die anhaltende Emission von Kohlenstoffen und anderen Treibhausgasen in die Atmosphäre zu stoppen, die die Erwärmung des Planeten und den damit verbundenen Klimawandel verursacht?

Erinnern wir uns, es gibt bereits das historische Pariser Klima Abkommen, das vor einigen Jahren unterzeichnet wurde und in dem sich alle Länder der Welt verpflichtet haben, ihre Kohlenstoffemissionen drastisch zu reduzieren.

Wenn man die Menge des CO_2 s aus allen diesen Verpflichtungen zusammenzählt, dann kommt man zu dem Schluss, dass wir auf eine Erwärmung unseres Planeten um etwa fünf Grad Celsius bis zum Ende des Jahrhunderts zusteuern würden, würden wir nichts unternehmen.

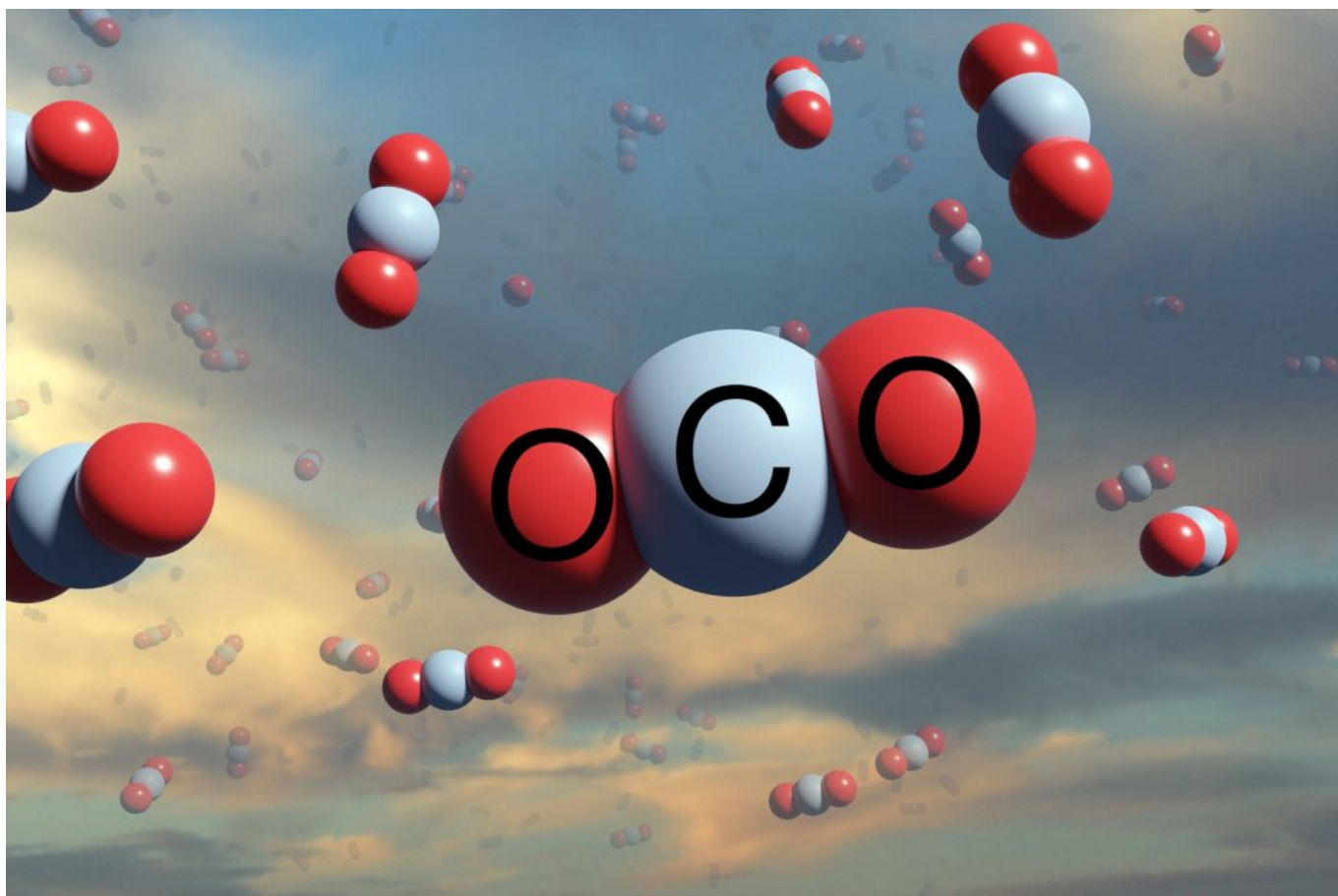
Das Pariser Abkommen bedeutet allerdings auch nur den halben Weg zu den Werten, die die meisten Klimawissenschaftler als notwendig erachten, um einem wirklich gefährlichen und potenziell irreversiblen Klimawandel bei einer Erwärmung von etwa zwei Grad Celsius, abwenden zu können.

Das Pariser Abkommen bringt uns also nur halb soweit voran, als es eigentlich notwendig wäre, um gefährliche Naturkatastrophen zumindest teilweise abwenden zu können.

Das heisst im Klartext: Wir müssen die Kurve der CO_2 -Emissionen noch schneller nach unten bringen, wenn wir einen für uns katastrophalen Klimawandel vermeiden wollen. Und das bedeutet auch, dass das Pariser Abkommen nur ein Ausgangspunkt ist. Auf den kommenden internationalen Konferenzen müssen sich die Länder der Welt auf eine noch stärkere Reduzierung ihrer Kohlenstoffemissionen einigen, denn wir müssen uns dieser Herausforderung stellen, damit unsere Gesellschaft überleben kann und nicht in immer stärkeren Umweltkatastrophen irgendwann komplett untergeht.



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?



Wir machen zwar deutliche Fortschritte, aber wir haben noch einen weiten Weg vor uns.

Der erste Schritt, um tatsächlich etwas gegen den Klimawandel zu tun, ist das Verstehen des Klimas, und deshalb wollen wir jetzt mit euch über die Details die Funktionsweise des Klimasystems sprechen.

Lasst uns zunächst betrachten, wie es aufgebaut ist.

Das Klimasystem ist ein interagierendes System, das mehrere wichtige Bereiche miteinander vereint:



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

- die Ozeane oder die Hydrosphäre, alles Wasser auf der Erde,
- die Atmosphäre,
- die Kryosphäre, das ist das ganze Eis auf der Erde, und
- die Biosphäre, das Leben auf der Erde.

Das alles nimmt am Klimasystem teil und bestimmt die Entwicklung unseres Klimas.

Natürlich wird dieses System auch von außen durch andere Faktoren beeinflusst, wie etwa die Leistung der Sonne, die die Ozeane und die Atmosphäre aufheizt.

In diesem Zusammenhang werden später die sogenannten Treibhausgase interessant werden, die eine sehr wichtige Rolle bei der Entwicklung der Erdtemperatur spielen.



Aber betrachten wir zunächst die Grundlagen der globalen Wärmeentwicklung.

Da gibt es zuerst die Ozeane mit ihren Wassermassen und es gibt Wasser in Flüssen und Seen, und ein Teil dieses Wassers verdunstet in die Atmosphäre in Form von Wasserdampf, der auch ein Gas ist. Und Wasserdampf ist sogar auch ein Treibhausgas, denn auch



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

Wasserdampf hindert Wärmeenergie daran, von der Oberfläche der Erde in den Weltraum zu entweichen. Und zwar in Form von Wolken, die sich in der Atmosphäre bilden und die Wärme auf die Erde reflektieren.

Dann gibt es da die Vegetation und die Landoberfläche und die Eigenschaften der Erdoberfläche. Alles das beeinflusst, was mit dem einfallenden Sonnenlicht passiert. Die Fähigkeit der Böden, Kohlendioxid in die Atmosphäre abzugeben, die Fähigkeit der Böden und der Vegetation, Feuchtigkeit an die Atmosphäre abzugeben: All diese Systeme interagieren miteinander in physikalischer Weise in Bezug auf die Thermodynamik und den Gasaustausch.

Alle diese Prozesse sind wichtig für das Verständnis für die Dynamik des Klimasystems auf der Erde.

Lasst uns nun näher auf das zweite Teilsystem, die Atmosphäre, eingehen.

Die Atmosphäre ist in verschiedene Schichten unterteilt, die unterste Schicht nennen wir Troposphäre. *Tropos* kommt aus dem Altgriechischen und bedeutet „Wendung“ oder „Art und Weise“. In der Troposphäre findet das Wetter statt, das wir erleben.

Die Troposphäre ist gleichzeitig auch der dynamischste Teil der Atmosphäre und erstreckt sich bis zu einer Höhe von etwa 10 bis 14 Kilometern über der Erdoberfläche.

Sie ist also die Atmosphärenschicht, in der wir leben und in der das Wetter, das wir erleben, stattfindet. Ein wichtiges Merkmal der Troposphäre ist, dass die Temperaturen mit zunehmender Höhe abnehmen, was zu einem instabilem Verhalten dieser Atmosphärenschicht beiträgt. Das ist auch der Grund dafür, warum das sichtbare und spürbare Wetter ausgerechnet in diesem Teil der Atmosphäre stattfindet.

Oben, über der Troposphäre trifft man dann auf die nächsthöhere Schicht, die Stratosphäre, und in der Stratosphäre fangen die Temperaturen an, sich wieder zu erwärmen. Ob man es glauben mag oder nicht, es wird tatsächlich wärmer, je höher man in die Stratosphäre vorstößt. Daher ist die Stratosphäre viel stabiler und dient im Wesentlichen als ein Deckel für die Wettersysteme.



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?



Wir konzentrieren uns in unserem täglichen Leben auf die Troposphäre, die ersten 10 bis 14 Kilometer, weil dort das Wetter stattfindet. Dort leben wir, die meisten Dinge, die uns interessieren, passieren in der Troposphäre. Die meisten der Klimaveränderungen und der tägliche Wetterbericht finden in der Troposphäre statt.

Aber auch die Stratosphäre spielt eine wichtige Rolle, denn dort befindet sich die Ozonschicht. In der Stratosphäre wird der Sauerstoff durch einfallendes Sonnenlicht, durch ultraviolette Strahlung zerlegt, und daraus bildet sich die Ozonschicht.

Die Ozonschicht ist wichtig, sie absorbiert einen Teil der einfallenden hochfrequenten Strahlung von der Sonne, die wir als ultraviolette Strahlung bezeichnen, die ansonsten für das Leben auf der Erde schädlich wäre. Die Ozonschicht schirmt uns vor dieser schädlichen Strahlung ab.

Auch die Ozonschicht spielt eine wichtige Rolle beim Klimawandel und bei den Auswirkungen durch eine steigende Treibhausgaskonzentration.

Wie wir später sehen werden, erwärmt sich die Troposphäre, wenn man die



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

Treibhausgaskonzentrationen erhöht, aber die Stratosphäre kühlt ab, und das bedeutet, wenn wir das Signal des menschlichen Einflusses auf das Klima erkennen wollen, wenn wir nach einem Fingerabdruck suchen wollen, der uns beweist, dass die Erwärmung tatsächlich vom Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen herrührt, wäre dieser Fingerabdruck eine sich erwärmende Troposphäre einerseits und eine sich abkühlende Stratosphäre andererseits.

Kurz noch ein paar Worte über die atmosphärische Zusammensetzung. Die Atmosphäre besteht hauptsächlich aus Stickstoff und Sauerstoff, etwa 99% der Atmosphäre bestehen aus Stickstoff und Sauerstoff, und nur 1% besteht aus allen anderen Spurengasen, einschließlich aller Treibhausgase. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die Wirkung dieser Treibhausgase sehr stark sein kann, selbst in so geringen Konzentrationen können sie einen tiefgreifenden Einfluss auf die Eigenschaften unserer Atmosphäre haben.



Hier nun einige Schlüsseleigenschaften der atmosphärischen Zusammensetzung.



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

Sie ist im Allgemeinen gut durchmischt, die verschiedenen Bestandteile der Atmosphäre sind rund um den Globus ziemlich gleichmäßig verteilt, und das liegt an der Durchmischung der Atmosphäre durch Wettersysteme und Turbulenzen. Außerdem können wir voraussetzen, dass sich die Atmosphäre im Großen und Ganzen wie ein ideales Gas verhält, eine wichtige Eigenschaft, die uns hilft, die physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre zu beschreiben. Nun gibt es einige Ausnahmen von dieser Regel, einige Gase wie Methan, ein wichtiges Treibhausgas, kennen starke Unterschiede, was bedeutet, dass in manchen Regionen die Konzentrationen dieser Gase höher oder niedriger als in anderen Regionen sein können.

Auch kann atmosphärischer Wasserdampf eine Herausforderung darstellen, weil er das Unideale tut, was ein Gas tun kann: Wasserdampf kann zu Wasser kondensieren, und dieses Wasser kann gefrieren und zu Eis werden.

Wasserdampf kommt in der Atmosphäre in allen drei Phasen vor: gasförmig, flüssig und fest. Und dabei müssen wir berücksichtigen, dass Wasserdampf, die gasförmige Form von Wasser, ein sehr wichtiges Treibhausgas ist denn er trägt zum Treibhauseffekt bei, er ist ein verstärkender Faktor, wenn es um den Klimawandel geht.

Hier noch einmal das Wichtigste zusammengefasst: Die Atmosphäre besteht hauptsächlich aus Sauerstoff und Stickstoff, aber etwa 1% der Atmosphäre besteht aus all diesen anderen Spurengasen: Ozon, Methan, Kohlendioxid, Wasserdampf.



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?



Und jetzt hören wir schon die Zweifler, die sagen: Das so sehr verteufelte **Kohlendioxid kommt doch nur in Konzentrationen von einem Bruchteil eines Prozents in der Atmosphäre vor, warum also hat es einen so großen Einfluss?**

Deshalb müssen wir an dieser Stelle ein paar Momente über das Konzept des Treibhauseffekts sprechen, ein absolut kritischer Teil der Geschichte über den Klimawandel.

Es stimmt: Treibhausgase machen zwar weniger als 1% der Atmosphäre aus, aber sie haben aufgrund ihrer starken Eigenschaften einen großen Einfluss auf die Atmosphäre. **Die wichtigsten vom Menschen emittierten Treibhausgase sind Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid.**

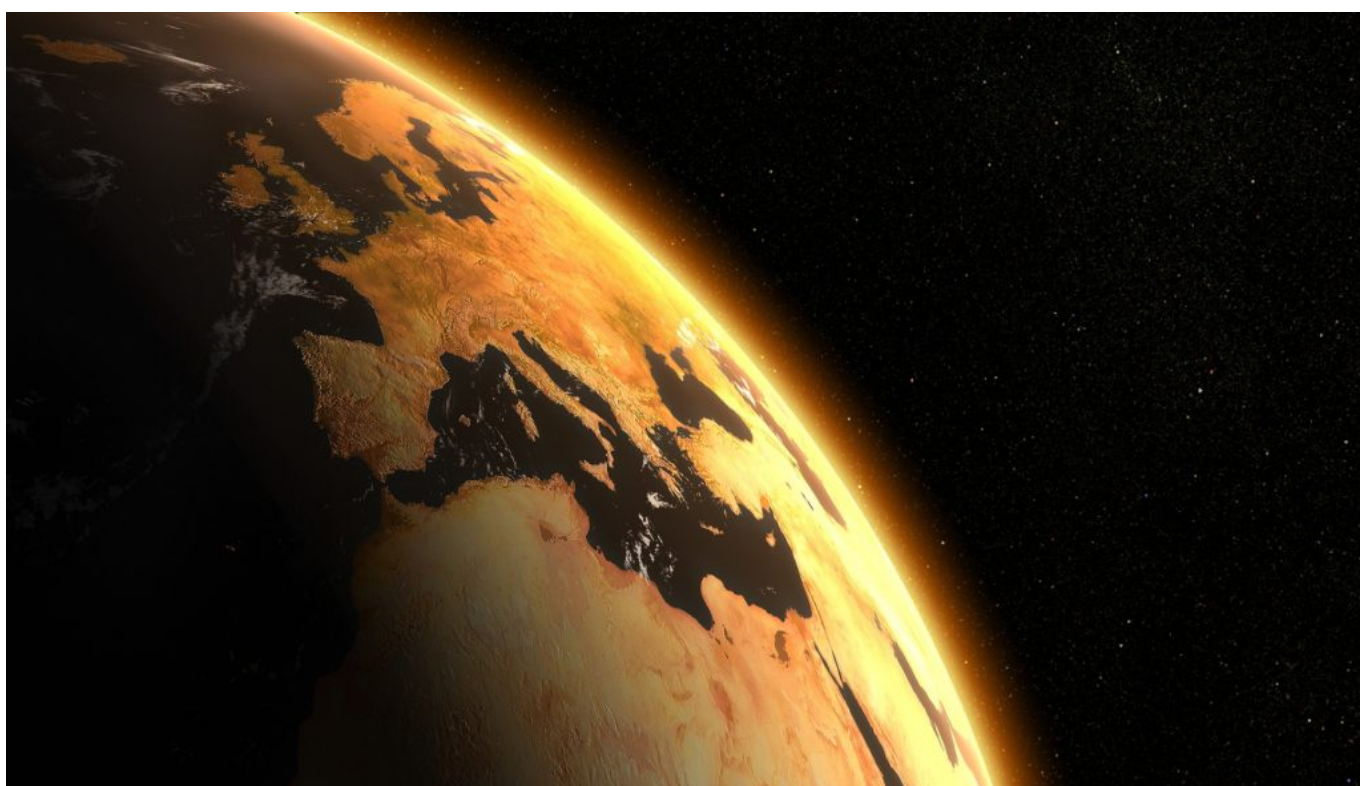
Wir nennen diese Gase Treibhausgase wegen der Art und Weise, wie diese Gase mit der Wärmeenergie interagieren, der Strahlung, die von der Sonne kommt und die die Erde reflektiert und versucht, zur Abkühlung wieder ins All zu schicken.



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

Und hier ist der ausschlaggebende Punkt: Diese Treibhausgase fangen einen Teil der Wärmeenergie auf und halten sie in der Atmosphäre fest und schicken sie wieder zur Erde hinunter, statt sie in den Weltraum entweichen zu lassen.

Das ist zwar nicht ganz die Art und Weise, wie ein echtes Treibhaus funktioniert. Ein echtes Gewächs- oder Treibhaus blockiert einfach Wind- und Luftströme, die die Wärme, die durch das Sonnenlicht, das durch das Glas des Gewächshauses kommt, erzeugt wird, wegtragen würden.



In der Atmosphäre jedoch passiert etwas viel unangenehmeres: Die Sonne erwärmt den Planeten, der Planet versucht, sich abzukühlen, indem er Wärmeenergie in den Weltraum abgibt, aber die Treibhausgase fangen diese Wärmeenergie teilweise ein, und lassen nur einen Teil der Wärme ins All entweichen.

Den abgefangenen Teil der Wärme schicken sie wieder zurück auf die Oberfläche der Erde. Das bedeutet, dass die Erde noch mehr von dieser Wärmeenergie abgeben muss, um genug abzukühlen und die Erwärmung durch die Sonne auszugleichen. Und da ihr das bedingt durch die Aktionen der Treibhausgase nicht gelingen kann, steigt die Temperatur der Erdoberfläche stetig weiter an.



Das Pariser Abkommen, das Klimasystem und die Atmosphäre – wie hängt das eigentlich zusammen?

Durch Industrie, Massentierhaltung und Transport setzen wir Menschen immer mehr Co₂, Methan und andere Treibhausgase frei und dadurch baut sich über uns ein Deckel aus Treibhausgasen auf, der die Wärmeenergie, die die Sonne zu uns schickt auf der Erde festhält. Vergleichbar mit einem Glasdach, dass sich immer weiter schliesst ...

Das ist der von uns Menschen gemachte Treibhauseffekt.

Und, wie wir in den kommenden Artikeln sehen werden, ist das Erkennen des Treibhauseffekts und seiner Wirkungsweise grundlegend für ein Verständnis des menschlichen Einflusses auf unser Klima.

Denn, wie sagt man so schön: Einsicht ist der erste Weg zur Besserung ...

Unter diesem Link geht es zum folgenden Artikel in unserer Serie über den Klimawandel:
<https://nachrichten.fr/klimawandel-wie-genau-funktioniert-eigentlich-diese-erderwaermung/>