

## Basiswissen zum Klimawandel

Die wichtigsten Fakten knapp zusammengefasst

Pascal Zehmer, Klimaschutzmanager Verbandsgemeinde Wöllstein, Oktober 2020

Häufig werde ich bei Diskussionen zum Klimawandel mit Ungewissheiten und Mythen konfrontiert. Umso wichtiger ist es, jene Fakten zusammenzutragen, an denen kein wissenschaftlicher Zweifel besteht. Das Deutsche Klima-Konsortium, die Deutsche Meteorologische Gesellschaft, der Deutsche Wetterdienst, der Extremwetterkongress Hamburg, die Helmholtz-Klima-Initiative und die Smart Energy for Europe Platform gGmbH haben vor einigen Monaten ein Papier veröffentlicht, das die wichtigsten und mit der besten Datengrundlage versehenen Fakten unter dem Titel „Was wir heute übers Klima wissen“ für die Allgemeinheit zusammenfasst. Es ist löblich, dass die diversen Konsortien und Initiativen ein leicht verständliches Papier publizieren. Wenn es sich allerdings über 24 Seiten erstreckt, kann man nicht damit rechnen, dass die Informationen bei einer breiten Öffentlichkeit ankommen. Die meisten Menschen haben weder das Interesse, noch die nötige Zeit, sich mit 24 Seiten zum Thema Klimawandel auseinanderzusetzen. Also fasse ich die Schrift an dieser Stelle zusammen. An einigen Stellen habe ich Ergänzungen zur ursprünglichen Abhandlung hinzugefügt, diese sind entsprechend mit Quellenverweisen gekennzeichnet.

- Die Erdatmosphäre hat eine durchschnittliche Temperatur von 14 °C. Das ist um 32 °C wärmer als die Temperatur, die sich nach Berechnungen ohne Berücksichtigung der Erdatmosphäre ergeben würde, denn das Ergebnis einer solchen Simulation liegt bei -18 °C. Der Grund: Spurengase in der Erdatmosphäre sorgen dafür, dass die reflektierte Energie der Sonneneinstrahlung nicht wieder ins Weltall abgestrahlt wird, sondern in der Lufthülle verbleibt, sodass sich die Atmosphäre aufheizt.
- Die Gase, die die teilweise Reflexion der Sonnenenergie unterbinden, werden als „Treibhausgase“ bezeichnet. Diese Treibhausgase sind: Kohlendioxid (nachfolgend CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Wasserdampf (H<sub>2</sub>O).
- Die Konzentration dieser Treibhausgase steigt seit Beginn der Industrialisierung. Die Verwendung von Kohle, Erdöl und Erdgas emittieren CO<sub>2</sub>. Die Verwendung von Erdgas, die Nutztierhaltung und der Reisanbau emittieren CH<sub>4</sub>. Die Verwendung von Kunstdünger emittiert N<sub>2</sub>.
- Auch durch die Trockenlegung von Mooren und durch die Abholzung / Verbrennung von Wäldern wird Kohlendioxid emittiert und es werden Kohlenstoffspeicher vernichtet.
- Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre beträgt durchschnittlich 411 ppm, ein Anstieg um 50 % gegenüber Zeiten vor der Industrialisierung ist zu konstatieren.
- Die aktuelle CO<sub>2</sub>-Konzentration ist die höchste seit 3 Millionen Jahren.
- Die CH<sub>4</sub>-Konzentration beträgt durchschnittlich 1866 ppb, was einen Anstieg um 150 % seit Beginn der Industrialisierung bedeutet. CH<sub>4</sub> ist etwa 25-mal treibhauswirksamer als CO<sub>2</sub>, liegt aber in Faktor 220 geringerer Konzentration vor.
- Die N<sub>2</sub>O-Konzentration ist seit Beginn der Industrialisierung von 270 ppb auf 330 ppb angestiegen. NO<sub>2</sub> ist 298-mal treibhauswirksamer als CO<sub>2</sub>, liegt aber in Faktor 1245 geringerer Konzentration vor.
- Die zusätzliche Energie, verursacht durch die Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre, fließt zu 93 % in die Meere. Die Temperatur der Ozeane verändert sich träge und unterliegt keinen starken saisonalen oder täglichen Schwankungen (wie bei der Lufttemperatur). Damit ist die Wassertemperatur der beste Indikator für die Erwärmung.

- Erdgeschichtliche Warm- und Kaltzeiten werden ausgelöst durch Variationen in der Umlaufbahn der Erde um die Sonne. Diese Änderungen laufen jedoch in Perioden von zehntausenden bis hunderttausenden Jahren ab.
- Die Intensität der Sonnenstrahlung kann nicht für eine Erwärmung verantwortlich sein, weil sie seit etwa einem halben Jahrhundert leicht abnimmt. Aber auch die Abnahme der Sonnenaktivität kann uns nicht vor der Klimaerwärmung schützen: Die globale Durchschnittstemperatur hat seit Beginn der Industrialisierung um 1 Grad zugenommen, ein Minimum der Sonnenaktivität (wie während des Maunder Minimums von 1645 bis 1715) würde lediglich eine Reduzierung der Temperatur um 0,1 bis 0,3 °C mit sich führen. Die Reduzierung der Sonnenintensität reicht also nicht, um die anthropogen verursachte Klimaerwärmung zu kompensieren.
- Vulkanische Aktivitäten wirken sich auf das Klima in zwei unterschiedliche Richtungen aus: Zum einen emittieren sie CO<sub>2</sub> und tragen so zur Klimaerwärmung bei, zum anderen stoßen sie Schwefelgase aus, aus denen sich in der Atmosphäre Aerosole bilden, die zur Abkühlung führen. Betrachtet man zunächst die CO<sub>2</sub>-Emissionen: Nach verschiedenen Studien emittieren Vulkane durch Ausgasungen und Ausbrüche pro Jahr durchschnittlich 130 bis 440 Megatonnen CO<sub>2</sub> – das entspricht in etwa den CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Energiewirtschaft in Deutschland. [1] Setzt man dies in Relation zu den 37 Gigatonnen, die durch Menschen global pro Jahr emittiert werden [2], so stellt man fest, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Vulkane weniger als 1 % zu den jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen und dadurch im Vergleich zum anthropogenen Klimawandel irrelevant sind. Wie verhält es sich mit dem emittierten SO<sub>2</sub>? Selbst der größte Vulkanausbruch des 20. Jahrhunderts, der Ausbruch des Pinatubo 1991 mit Emissionen von 20 Millionen Tonnen Schwefeldioxid, sorgte lediglich für eine Absenkung der globalen Temperatur um 0,5 °C, die nur 1 Jahr anhielt. Geht man weiter auf dem Zeitstrahl zurück und betrachtet den Ausbruch des Samalas 1257, der achtmal so viel Schwefeldioxid emittierte wie der Pinatubo-Ausbruch und damit die größte Schwefelemission der letzten 2300 Jahre mit sich führte [3], dann lässt sich eine Temperaturabsenkung um 1 °C für fünf Jahre festhalten. [4] Selbst extreme Vulkanausbrüche wirken dem anthropogenen Klimawandel also nicht entgegen.
- Vergangene Klimamodelle haben die aktuellen Änderungen klimatischer Faktoren, wie den Meeresspiegelanstieg, die Gletscherschmelze oder die Zunahme von Dürren akkurat vorhergesagt.
- Alle Komponenten des Klimasystems erwärmen sich, abgesehen vom Bereich der Antarktis – und das Ausbleiben der Erwärmung in der Antarktis wurde bereits seit Jahrzehnten von Klimamodellen berechnet.
- Die globale Erwärmung seit der Industrialisierung um 1 °C bedeutet, dass es aktuell wärmer ist als zu irgendeinem anderen Zeitpunkt der letzten 12.000 Jahre. Die Jahre 2016 und 2019 waren die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Die 10 wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen finden sich alle im Zeitraum ab 1998.
- Das Eis am Nordpol nimmt pro Dekade um über 10 % ab. Der grönländische Eispanzer schrumpft um 250 Milliarden Tonnen pro Jahr. Die Gletscher haben in den letzten 50 Jahren einen Schwund der Eisschichtdicke um 20 m zu verbuchen.
- Die Meeresspiegel steigen jährlich um 3,6 mm, was eine Folge der schmelzenden Eismassen ist. Seit 1993 ist der Meeresspiegel um 9 cm angestiegen. Der Pegel der Nordsee nahm im Zeitraum von 1992 bis 2015 um jährlich 4 mm zu. Die Oberflächentemperatur der Nordsee stieg von 1969 bis 2017 um 1,3 °C. Der Temperaturanstieg der Ostsee fiel mit 1,6 °C im Zeitraum von 1982 bis 2019 noch stärker aus.

- Der pH-Wert der Ozeane ist im Vergleich zur vorindustriellen Zeit von 8,2 auf 8,1 gesunken. Dabei ist der pH-Wert logarithmisch skaliert, sodass der Säuregrad tatsächlich um 26 % angestiegen ist.
- Die höhere Konzentration von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre führt zu einer stärkeren Anreicherung von CO<sub>2</sub> in den Meeren. Dort bildet das CO<sub>2</sub> in Kontakt mit Wasser Kohlensäure, sodass die Anreicherung mit CO<sub>2</sub> direkt in einer Versauerung resultiert.
- Der Klimawandel erhöht die Intensität von Starkregeneignissen, die Anzahl von Überflutungen und die Intensität von Wirbelstürmen.
- Bei der Betrachtung der Klimaveränderungen in Deutschland fällt auf, dass es um 0,37 °C pro Jahrzehnt wärmer wird, wenn man die letzten 50 Jahre betrachtet.
- In Deutschland sind die Jahre 2014, 2018 und 2019 die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Sie liegen zwischen 2,5 und 2,7 °C über den gemessenen Temperaturen zu Beginn der Aufzeichnungen.
- In den 1950er Jahren gab es im Mittel pro Jahr 3 Tage mit einer Spitzentemperatur von mehr als 30 °C und 28 Tage mit einer Spitzentemperatur unter 0°C. Im Zeitraum zwischen 1991 und 2019 gab es im Mittel pro Jahr 9 Tage mit einer Spitzentemperatur von mehr als 30 °C und 19 Tage mit einer Spitzentemperatur unter 0 °C.
- Laut DWD-Daten nahmen die Zahlen von Tagen extremer Dürre deutlich zu, vor allem in der Rhein-Main-Region. Die Anzahl der Tage mit hoher Waldbrandwarnstufe stiegen von 27 pro Jahr im Zeitraum von 1961 bis 1990 auf 38 Tage pro Jahr von 1991 bis 2019.
- Die beiden Jahre 2018 und 2019 stellen die extremste zweijährige Sommerdürre seit 1766 dar. Während dieser Zeit konnten Binnenschiffe über Wochen nicht auf Rhein und Elbe fahren. Als Folge mussten auch Chemieunternehmen, die am Rhein stationiert sind, ihre Produktion drosseln, was hunderte Millionen Euro an Schäden verursachte. Zusätzlich lagen die Erträge bei der Getreideernte im Jahr 2018 um 18 % unter dem Durchschnitt.
- Durch den Klimawandel kommt es zu einer Ansiedlung von Neobiolen, die erst durch den Temperaturanstieg in der Lage sind, in Deutschland zu leben. Diese Neobiolen haben nachteilige Auswirkungen auf das Ökosystem, sie können aber auch gefährlich für den Menschen sein, wie das Beispiel der Asiatischen Tigermücke zeigt, die in der Lage ist Zika- und Dengue-Viren zu übertragen. Ein weiteres Beispiel ist die Ambrosia (auch Traubenkraut), die ursprünglich vom amerikanischen Kontinent stammt, die sich als Neophyt aber auch in Deutschland etabliert hat. Sie wächst besonders auf Getreide- und Sonnenblumenfeldern und ist für ihre besonders starke allergene Wirkung bekannt. [5]
- Die Artenvielfalt ist durch den Klimawandel akut bedroht. So hat eine Untersuchung des Bundesamtes für Naturschutz offenbart, dass die globale Erwärmung bei einer Stichprobe von 500 heimischen Tierarten für 63 Arten ein signifikantes Risiko darstellt.
- Bewegen wir uns weiter auf dem Emissionspfad, der sich derzeit abzeichnet, werden wir im Jahr 2100 eine Steigerung um 3 °C erreicht haben. Dadurch werden mehrere Kipp-Punkte überschritten. Die Arktis wird eisfrei sein, ebenso wird das antarktische Eisschild schmelzen. Durch die Umwandlung von hellen, reflektierenden Eisflächen in reflexionsarme Meeresoberflächen nimmt die Absorption von Sonnenenergie zu und die globale Erwärmung wird zusätzlich begünstigt. Tropische Korallenriffe werden aufgrund der Versauerung vollständig absterben. Durch das Tauen von Permafrostböden werden massenhaft CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> frei, die den Klimawandel beschleunigen.
- Die Staatengemeinschaft ist vom 2 °C Ziel abgerückt und es wird wieder stärker das Einhalten des 1,5 °C Ziels angestrebt, wie im Übereinkommen von Paris vereinbart. Diese Differenz von nur 0,5 °C hat eine entscheidende Wirkung: Eine Sturmflut, wie sie in Cuxhaven momentan alle

500 Jahre vorkommt, wird bei einer 1,5 °C Erwärmung stattdessen einmal in 100 Jahren eintreten. Bei 2°C Erwärmung würde sich eine solche Flut sogar dreimal in 100 Jahren ereignen.

Aus den oben genannten Gründen muss sich der Ausstieg aus der Braunkohle, dem klimaschädlichsten Energieträger, deutlich schneller vollziehen. Ein Warten bis 2038 ist mit wirtschaftlichen Langzeit-Schäden verbunden, die sich kaum beziffern lassen. Andere EU-Staaten haben es bereits vorgemacht. Belgien und Schweden sind aus der Kohleverstromung ausgestiegen, Großbritannien, Italien und Irland haben bis 2025 das gleiche vor. Wir sollten mit unseren europäischen Nachbarn an einem Strang ziehen, statt einsam einen Irrweg der Klimaschädigung zu beschreiten.

Weiterführender Link zum Aufsatz „Was wir heute übers Klima wissen“:

[https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user\\_upload/pdfs/Publikationen\\_DKK/basisfakten-klimawandel.pdf](https://www.deutsches-klima-konsortium.de/fileadmin/user_upload/pdfs/Publikationen_DKK/basisfakten-klimawandel.pdf)

Zusätzlich herangezogene Literatur

[1] Gerlach, T. (2011). Volcanic versus anthropogenic carbon dioxide. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 92(24), 201–202. doi.org/10.1029/2011eo240001

[2] Global carbon emissions growth slows, but hits record high. (2019, 3. Dezember). Stanford News Service. <https://news.stanford.edu/press/view/31257>

[3] Vidal, C. M., Métrich, N., Komorowski, J.-C., Pratomo, I., Michel, A., Kartadinata, N., Robert, V. & Lavigne, F. (2016). The 1257 Samalas eruption (Lombok, Indonesia): the single greatest stratospheric gas release of the Common Era. *Scientific Reports*, 6(1), doi.org/10.1038/srep34868

[4] Stoffel, M., Khodri, M., Corona, C., Guillet, S., Poulain, V., Bekki, S., Guiot, J., Luckman, B. H., Oppenheimer, C., Lebas, N., Beniston, M. & Masson-Delmotte, V. (2015). Estimates of volcanic-induced cooling in the Northern Hemisphere over the past 1,500 years. *Nature Geoscience*, 8(10), 784–788. doi.org/10.1038/ngeo2526

[5] Tomala, L. (2020, 15. Juli). Phänologie: Fremde Arten durch Klimawandel. Phänologie – Klima – Natur – Planet – Wissen. <https://www.planet-wissen.de/natur/klima/phaenologie/pwiefremdeartendurchklimawandel100.html>