

## Luft und Kippunkte

Seit Menschen gedenken war die Luft, die die Menschen atmen, mit 280 Teilchen Kohlenstoffdioxid auf eine Millionen Teilchen angereichert. Kohlenstoffdioxid wird wissenschaftlich  $\text{CO}_2$  abgekürzt und reflektiert Wärme, die von der Erde abgestrahlt wird, wieder zurück auf selbige. So hält sich Wärme auf der Erde und wird nicht ins All abgestrahlt, wo es von der Sonne auf die Erde trifft und diese im Jahresschnitt auf 16 Grad erwärmt. Menschen atmen  $\text{CO}_2$  aus und Pflanzen nehmen ihn auf. Dann bauen sie ihn durch Sonnenstrahlung als Zucker und Kohle in ihr Holz und ihre Wurzeln ein. Forschungen ergeben, dass Dürren und Bodenübernutzung in Afrika dafür sorgen, dass die dortigen Tropen mehr  $\text{CO}_2$  abgeben, als aufnehmen. Die Brände 2019 in Brasilien sorgen ebenfalls dafür, dass sehr viel eingelagertes  $\text{CO}_2$  freigesetzt wird, wodurch mehr abgegeben, als aufgenommen wurde. 6% der brasilianischen Regenwaldflächen standen dieses Jahr in Brand. Seit der Industrialisierung stieg der Gehalt an  $\text{CO}_2$  auf 415 Teilchen auf eine Million (415 ppm) an.

Über die letzten Jahrhunderttausende schwankte der  $\text{CO}_2$  Gehalt zwischen 200 und 280 ppm und wir schafften es, ihn quasi zu verdoppeln. Der Methangehalt lag ewig zwischen 400 und 600 ppb (Teilchen auf eine Milliarde) und dieser stieg auf 1700 ppb an. Auch Stickstoffoxide nahmen um 50% zu und immer, wenn diese Gase vermehrt frei wurden, stiegen die Temperaturen. Die Gase sind erstmal in der Luft und der Treibhauseffekt braucht seine Zeit. Allerdings wird es in den kommenden Jahrhunderten garantiert immer wärmer und wärmer. 0,6 Grad ist der Anteil des  $\text{CO}_2$  an der Erderwärmung, was sich bei 600 ppm verdoppeln würde. Bei der aktuellen Steigerung könnte das in wenigen Jahrzehnten erreicht sein.

Es gibt auch Sonnenstrahlung reflektierendes Gas wie Aerosole, Staubpartikel, Sulfate und Ozon. Doch es überwiegen IR-Strahlung absorbierende und gen Erde reflektierende Gase, wie  $\text{CO}_2$ , Methan, Stickoxide, Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Mineralstaub und Ruß. Ein Teil wird direkt von der Atmosphäre als Energie verwertet, ein Teil wird vom Erdboden aufgenommen. Würde dieser Treibhauseffekt gar nicht greifen, wäre die Erde mindestens 30 Grad kälter, was komplexes Leben sehr schwer machen würde. Die Steigung der Mischung der aktuellen Treibhausgase würde in wenigen Jahrzehnten für bis zu 5 Grad Erderwärmung sorgen und das wäre katastrophal.

Gas	Natur	Mensch	Anstieg/Jahr	Konzentration
$\text{CO}_2$	Pflanzen-Atmung	Rodung, Brennstoffe	+0,4%	415 ppm
<i>Wasserdampf</i>	Verdampfung	Flugzeugverkehr	0%	ungenau*
<i>Methan</i>	Faulende Pflanzen	Reis, Müll, Fleischproduktion	+0,8%	1710 ppb
<i>Stickoxide****</i>	Bakterien	Düngung	+0,25%	310 ppb
<i>CO</i>	Waldbrände, Oxidation	Brennstoffe	+1,5%	140 ppb
<i>Ozon</i>	Photochemie	Reaktionen durch Abgase	+1%**	30 ppb
<i>FCKWe***</i>	kein Vorkommen	Kühlung	+4%	0,3 ppb
<i>Ammoniak</i>	Bakterien	Düngung, Fleischproduktion	nicht bekannt	0,1 ppb

Quelle aller Daten der Tabelle: Heinrich Heine Universität Düsseldorf; Themenreihe „Klimawandel und Ich“

\*Wasserdampf ist schwierig zu bestimmen, da sich je nach Jahreszeit das Verhältnis zwischen den Halbkugeln verändert. Außerdem liegt am Äquator eine hohe Konzentration vor (Tropenklima), wohingegen an den Polen eine geringe Konzentration vorliegt. Der menschengemachte Anteil ist auch nahezu nicht messbar, da sich die Masse an Wasserpartikeln in der Luft durch die Temperatur selbst verändert und aktuell 2% nicht überschreiten kann. Wenn wir jedoch für einen Anstieg der Temperaturen sorgen, wird die Welt auf natürliche Art und Weise mehr Wasserdampf in die Luft entlassen und dadurch auch andernorts für sintflutartige Niederschläge sorgen. Wir verändern direkt also nichts daran, aber für die Natur ist Wasserdampf indirekt ein enormer Punkt!

Der Temperaturanstieg der Erde liegt auf der *menschengemachten* Seite zu 50% beim Kohlendioxid, zu 20% beim Methan und ähnlich viel bei FCKWen. Der *natürliche* Anstieg der Temperaturen liegt zu zwei Dritteln am Wasserdampf und zu 20% am Kohlendioxid. Die Natur kennt gar kein FCKW und Methan sorgt nur für 2,4% zum Temperaturanstieg aus der Natur heraus.

\*\* Während das bodennahe Ozon ansteigt, sinkt das stratosphärische Ozon jährlich um 0,4% und lässt dadurch mehr Sonnenlicht auf die Erde durch. Schon um die Jahrtausendwende sprachen alle von Ozonlöchern. Doch das bodennahe Ozon nimmt durch Abgase und Reaktionen mit der Atemluft zu und wirkt reizend und belastend auf den Menschen. Daher ist der dreifache Sauerstoff für Kinder und Alte gefährlich. Im kalten Winter wird außerdem der Abbau des Ozons begünstigt, was über den Polen für Ozonlöcher sorgen kann, wegen des Winkels zur Sonne allerdings nicht sonderlich gefährlich ist. In den letzten Jahren kühlt die Stratosphäre allerdings stärker ab und es werden wieder mehr FCKWs gemessen, was problematisch werden kann.

\*\*\*Fluorchlorkohlenwasserstoffe sind recht komplexe chemische Verbindungen, welche als Kühlmittel zB. in Kühlschränken oder Klimaanlage eingesetzt werden und aus ihnen kann Teflon hergestellt werden. Es sind Derivate von Kohlenwasserstoffen, welche in organische Verbindungen eingeführt wurden und salzähnlich aufgebaut sind. Am 17.10.2016 berichtete Christian Mihatsch bei der Badischen Zeitung sogar von einem Anstieg über 10% im Jahr. FCKWe sind als Treibhausgas nicht in starker Konzentration vorhanden, steigen aber aktuell am Schnellsten an.

\*\*\*\*Stickoxide sind dreihundert Mal so wirksam wie CO<sup>2</sup> und sind zB. als Lachgas bekannt, weil es in Reinform benommen und breit macht. Die Überdüngung mit Stickstoff aus der Landwirtschaft sorgt somit für 6-9% des Treibhauseffektes. Dennoch benötigen wir die Düngemittel, um kostengünstig volle Supermärkte zu haben. Zumindest wenn wir weiter Fleisch für einen Euro kaufen und die Hälfte aller Lebensmittel weiterhin wegwerfen wollen. Die Lachgas-Emissionen in die Atmosphäre erhöhten sich in den letzten 20 Jahren um 50%! Besonders in China und Südasien nahm dies drastisch zu und sorgt für mehr als die doppelte Menge, als vom IPCC angenommen. Es ist nicht nur als Gas in der Luft, es sickert auch ins Grundwasser und macht es teilweise nicht mehr genießbar.<sup>22</sup>

Portugal, Westafrika, die Philippinen, die Mongolei, Teile Skandinaviens, Madagaskar, Südamerika, die Süd-West-USA und Kanada verzeichnen in den letzten Jahrzehnten starke Schädigungen des Baumbestands, während immer mehr Öl, Gas und Kohle verbrannt werden. Das Gleichgewicht kippt. Waldstücke werden kahlgeschlagen, der Rest wird brandgerodet und dort entstehen dann Monokulturen. Böden werden ausgenommen, da ohne Pausen immer nur eine Art Pflanze mit gewissen Bedürfnissen angepflanzt wird, von der man sich Einkommen verspricht. Außerdem sorgt die Trockenheit für schwächere Bäume, die sich so nun schlechter gegen Parasiten und Krankheiten wehren können.

---

<sup>22</sup> <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0613-7>

Das Problem am Klima sind die sich selbst verstärkenden Effekte, die sogenannte Kippunkte einleiten. CO<sub>2</sub> sorgt für mehr Wärme und dadurch steigt mehr Wasserdampf auf. Wasserdampf ist ein gutes Treibhausgas und so wird es noch wärmer und lässt auch arktische Regionen sich erwärmen. In den über Jahrtausende gefrorenen Tundren sind viele Gase im Sumpfboden eingeschlossen, welche ab einem gewissen Punkt aus dem Boden ausdampfen. Diese Gase sind unter anderem Methan, welches über zwanzig Mal stärker Wärme reflektiert als CO<sub>2</sub>. Mehr Hitze lässt auch die Ozeane ansteigen, Eis schmelzen und damit die Ozeane weiter ansteigen. Alles verstärkt sich gegenseitig.

Woraus besteht unsere Atemluft nun? Zu Dreiviertel besteht die Luft aus Stickstoff und der Rest ist beinahe nur Sauerstoff. Nur ein Prozent sind Zusätze. CO<sub>2</sub>, Argon und Helium sind die Hauptbestandteile des letzten Prozents. Zusätzlich können Stoffe in der Luft schweben, die dort nicht hingehören. Dafür sorgen Verkehr, Landwirtschaft und Industrie, aber auch natürliche Faktoren wie Brände und Vulkanausbrüche. Gefährliche Stoffe sind Stickoxide, Feinstaub, Ammoniak, Reifenabrieb, Kohlenwasserstoffe, Asche, Sporen und auch Ozon. Als äußerste Atmosphärenschicht ist Ozon ein wichtiger Schutz, aber in Bodennähe reizt Ozon die Atemwege. Witzigerweise reduziert sich die Stärke der Ozonschicht, während die Belastung auf der Erde zunimmt.

Schadstoffe in der Luft sorgen für Asthma, Herz-/ Kreislaufkrankungen, Haarschädigungen und chronische Lungenentzündungen. Bereits Millionstel Gramm auf einem Kubikmeter Luft schädigen den Körper. Das *European Heart Journal* spricht von jährlich 790.000 frühzeitigen Todesfällen in Europa, die auf Feinstaubbelastungen zurückzuführen sind. Weltweit soll es sich um 8,8 Millionen Fälle handeln, was etwas über den jährlichen Todesfällen durch Tabak liegt. Man kann in Deutschland von einer Reduktion von 2,4 Lebensjahren im Schnitt ausgehen. Aktuell moderne Kohlekraftwerke setzen weniger von den gängigen Gefahrenstoffen in die Luft frei, dampfen jedoch besonders stark Feinstaub im Bereich von Nanometern aus. Dieser Feinstaub gelangt bis ins Blut und das Hirn und sorgt durch die große Oberfläche in der Atmosphäre zu stärkerer Wolkenbildung an der einen Stelle, während die Feuchtigkeit anderswo fehlt.

Die Natur sorgt auch für Erwärmung durch Wildfeuer, starke Sonnenaktivitäten oder Vulkanausbrüche, allerdings brennt der Mensch viel mehr Flächen ab und bekämpft wiederum Wildfeuer, die Sonnenaktivität hat genauso ein Minimum und Vulkanausbrüche sorgen dank Aerosolen auch wieder für Abkühlung und gleichen sich meist aus. Das ist alles ein ewiges Auf und Ab.

In den sibirischen Sümpfen sind doppelt so viele Kohlenstoffverbindungen, wie aktuell CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre eingespeichert. Im Ozeanboden sind insgesamt zwölf Mal so viele Verbindungen in Form von Methanhydrat eingespeichert. Die Ozeane an sich binden vierzig Mal so viele Kohlenstoffverbindungen, wie in der Atmosphäre. Das Volumen des Methans, wenn es aus dem Methanhydratkäfig ausbricht, wächst um das 164-fache an. Man kann also die Gefahr erahnen, sollte es freigesetzt werden.

Unsere Flüge sind für ca. 2% der Treibhausgasemissionen ursächlich, doch ist die Höhe der Flüge entscheidend. Dadurch potenziert sich die Wirkung der Gase mehrfach und fliegt ein Flugzeug durch sehr feuchte Schichten, entstehen wärmeabsorbierende Cirrusschichten, die wir als Kondensstreifen kennen und die manche klugen Köpfe für Chem-Trails halten. Würde man die Flüge im Sommer niedriger und im Winter höher ansiedeln, als sie aktuell fliegen, könnte man zwei Drittel der Cirrusherde vermeiden. Durch veränderte Flughöhen verändert sich auch der Luftwiderstand, doch unterm Strich ist der klimapositive Effekt stärker. So das *Imperial College*<sup>23</sup> in London.

---

<sup>23</sup> <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b05608>

Im Winter entstehen meist die größten Stürme in Europa. Die europäische Luft wird kälter und der Druck nimmt ab. Am Äquator ist es warm und der Luftdruck steigt. Außerdem wird diese Schicht durch die Rotation der Erde nach Osten gedrängt und trifft dort auf die winterlich-kalte Schicht. Die Kaltluft will absinken, die Warmluft will aufsteigen und die einzelnen Schichten stehen sich dabei im Weg und werden durch Druckunterschiede weiter verwirbelt. Ein solcher Sturm zieht in zwei Tagen einmal quer durch Europa und tritt etwa alle zwei Jahre besonders schwer auf. Größere Druckunterschiede erhöhen die Windgeschwindigkeiten, was besonders bei voranschreitendem Klimawandel verstärkt wird. Ab 75 km/h ist ein Wind ein Sturm und ab 118 km/h ein Orkan / Hurricane / Taifun. Der letzte Jahrhundertsturm war Lothar 1999 mit 272 km/h. Doch war Lothar eher klein, während andere Stürme mehr Schaden verursachen, da ihre Ausbreitung größer ist.

In eher kalten Wintern sind die Stürme seltener, weil ein Blockadehoch über Europa die durch Azorenhoch und Islandtief beschleunigten Winde des Atlantiks nicht durchlassen. Durch die fehlenden warmen Einflüsse wird der lokale Winter kühler. Der Klimawandel wird solche Stürme nicht häufiger kommen lassen, dafür allerdings regenreicher und mit höheren Geschwindigkeiten. Durch die Erwärmung verschiebt sich der Jetstream weiter nordöstlich und lässt die Stürme dort noch stärker auftreten, während Südeuropa etwas aus der Gefahrenzone herauswächst. Immerhin wachsen in Europa mehr Laub- als Nadelbäume, die in Wintern weniger Widerstand gegen Sturm entgegenbringen und dadurch nicht so rasch umgeknickt werden.

## Kohlendioxid und die Biosphäre

Als Biosphäre bezeichnen wir die Lebewelt. Also die Hydrosphäre des Ozeans, die obere Lithosphäre des Bodens und die Atmosphäre. Genauer gesagt leben Lebewesen in der Troposphäre. Die meisten Vögel steigen selten bis zu einem Kilometer auf, während Zugvögel an die Grenze von 10 km stoßen können, wo die Stratosphäre beginnt und Flugzeuge fliegen. Darüber liegt ab 50km die Mesosphäre, in der die Polarlichter leuchten. Darüber bei 150 km liegt die Ionosphäre, die äußere Schicht der Erde. Auf über 12.000 km bis zum Kern, liegen also nur 10 km belebte Lufträume. Das zeigt die Fragilität dieser Schichten, die nach oben hin unter anderem durch die Ozonschicht gedeckelt sind.

Die kontinentale Pedosphäre (zu Fuß erreichbarer Teil der Biosphäre) bedeckt die gesamte Erde. Selbst schneebedeckte Gegenden wie Russland und Alaska sind bewaldet. Lediglich die Sahara, Saudi-Arabien, Äthiopien, der Nahe Osten, Grönland, die Antarktis, Zentralaustralien, das mittlere Chile und Teile des Westens Nordamerikas sind kaum von Pflanzen bewachsen.

Besonders um die hohen nördlichen Breiten ist besonders viel Chlorophyll im Ozean vorhanden. Dies weist auf Algen hin. Auch Westafrika, das Kap von Südamerika, das Amazonas-Delta im Übergang in den Atlantik und der Bereich zwischen Australien und Neuseeland sind stark davon durchsetzt. Spitzenreiter ist die flache und von Land umgebene Ostsee. Die geringen Umwälzungen lassen Algen dort besonders ertragreich sprießen.

In den Nachrichten hören wir manchmal etwa von El Nino. Bei diesem Phänomen sorgen das Ausbleiben bestimmter Winde und das Abschwächen von Strömungen zu stark aufgeheizten und damit nahezu toten Oberflächenbereichen des Ozeans. Dazu zählt besonders die Westküste Südamerikas bis halb auf den Pazifik hinunter. Auch ein großer Bereich westlich von Nordamerika ist betroffen, in dem große Plastikinseln im Pazifik treiben. Die Westküste der Saharazone ist ebenfalls leicht betroffen. Die allgemeine Oberflächentemperatur der Meere ist besonders um den geografischen Äquator herum warm und nimmt zu den Polen hin immer weiter ab.

Buschfeuer treten vor allem in der südlich der Sahara gelegenen Sahelzone, der Trockensavanne unterhalb des zentralafrikanischen Dschungels, auf Madagaskar, Ostbrasilien, Mexiko, China, Nordaustralien und Portugal auf. Die Luftfeuchtigkeit erreicht ihre Höchstwerte besonders direkt um den geografischen Äquator herumgelegt und ihre Tiefpunkte im Himalaya, Chile, der Antarktis und Grönland. Außerdem von Arizona, über Utah, Idaho und hoch bis Britisch Kolumbien ist es ebenfalls extrem trocken.



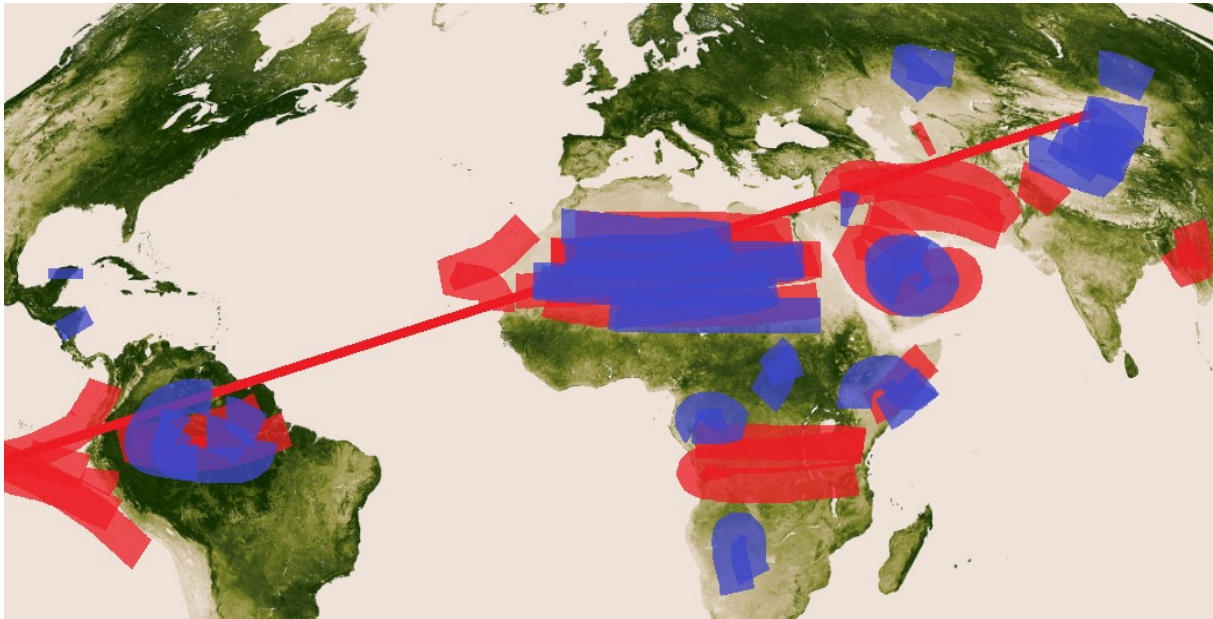
*Eisfreie Karte der Antarktis ohne Berücksichtigung der verschobenen Küstenlinien bei Abschmelzen allen Eises. Quelle: Eric Naughton*

Währenddessen wirken Aerosole kühlend auf das Klima. Diese sammeln sich besonders über dem afrikanischen Regenwald, über den Philippinen, Ost-China, Indien, Zentral-Südamerika und mäßig über den Ozeanen außerhalb der Polregionen. In den Polarregionen, Wüsten, extremen Steppen und borealen oder sehr hoch

gelegenen Bereichen der Erde tauchen sie quasi gar nicht auf. Meereis kommt nur an den beiden Polen vor. Die Antarktis ist davon umgeben, nur die Halbinsel zwischen Bellinghausen Meer und Weddellmeer sticht ohne besonders viel Meereis heraus. Die westlich davon gelegene See taut aktuell extrem stark ab. Das nördliche Eis grenzt an Sibirien, Alaska und Kanada an, umschließt Teile Grönlands und reicht bis nach Spitzbergen über Skandinavien. Interessant ist die Vorstellung einer eisfreien Antarktis und ihrer Topografie, worauf wir aktuell ja hinarbeiten.<sup>24</sup> Schnee liegt in der Antarktis, sowie in allen sehr hoch gelegenen Gebieten oder den nördlichen Breiten über 55 Grad Nord.

Während die Luftfeuchtigkeit also direkt um den geografischen Äquator herum besonders hoch ist, so liegen die durch extreme Hitze toten Zonen versetzt dazu. Die Erdachse ist geneigt und dadurch scheint die Sonne ungleichmäßig auf die Erde, weshalb es Jahreszeiten gibt. Der Regen verteilt sich in Bändern über die Welt. Eines umspannt den Äquator, eines die südlichen Breiten auf Höhe Süd-Chiles knapp unter dem Kap von Afrika entlang, und eines in den nördlichen Breiten. Die drei Bänder finden sich über den Ozeanen zusammen und die Regenwälder und der Pazifik sind besonders starke Regengebiete.

<sup>24</sup> Quelle des Bildes: <https://de.quora.com/Gibt-es-einen-Ort-auf-der-Erde-der-von-Menschen-noch-nicht-vollst%C3%A4ndig-erkundet-wurde>



Auf dieser Karte habe ich veranschaulicht, wo die besonders heißen und trockenen Zonen liegen. Sie sind versetzt zum geografischen Äquator (horizontal). Rot eingefärbt habe ich die besonders menschenfeindlichen Regionen und blau eingefärbt habe ich besonders wenig besiedelte Gebiete. Wir erkennen eine Relation zwischen den extrem heißen Zonen und wenig Besiedelung. Die dennoch dort lebenden Menschen in breitem Band um diese Zone zählen auch zu den ärmsten Gruppen der Welt. Besonders heiße Temperaturen machen es schwer Landwirtschaft zu betreiben und Menschen können sich zusätzlich wesentlich schlechter konzentrieren, was Folgen hat.

Laut *Deep Carbon Observatory* liegt weniger als ein 50.000stel des Kohlenstoffes auf der Erde in der Biosphäre vor. Dabei liegen 590 Gigatonnen in der Luft, 2000 Gigatonnen an der Erdoberfläche und 37.000 Gigatonnen in den Ozeanen. 300-400 Millionen Tonnen Kohlenstoff gelangen pro Jahr auf natürlichem Wege in den Kreislauf und werden gleichzeitig durch Subduktion an den Plattengrenzen auch wieder ins Erdinnere geführt. In den letzten 100 Jahren wurde durch den Menschen jedoch bis zu 100-mal mehr Kohlenstoffüberschuss produziert, als davor. Unkontrollierte Kohlenstofffreisetzungen sorgen seit jeher für Massensterben, da sich das Klima dadurch radikaler ändert, als es das normalerweise täte.

Bereits Pollen aus der Zeit der Pest in Mitteleuropa beweisen etwas Interessantes. Die Pest löschte bald zwei Drittel der Menschen in Europa aus und dadurch wurden landwirtschaftlich gewonnene Flächen durch Wälder zurückerobert. Es musste weniger gerodet, angebaut und bearbeitet werden, was den CO<sub>2</sub>-Gehalt sofort absinken ließ. Erstmals angestiegen ist dieser Wert in der jüngsten Zeit vor etwa 10.000 Jahren, als Menschen begannen Landwirtschaft zu betreiben. Zwar gab es damals nur einen Bruchteil der heutigen Quantität an Menschen, aber die damals geringe Effektivität der Nutzpflanzen ohne Züchtung, Düngung und Maschinen sorgte dafür, dass unverhältnismäßig mehr angebaut wurde und 80-90% der Menschen Bauern sein mussten. Durch geflutete Äcker für zB. Reisanbau in China wurde dabei unter anderem viel Faulgas freigesetzt, was Sonnenlicht viel stärker auf der Erde bindet, als CO<sub>2</sub>. Außerdem hielten Menschen diesen Stil Jahrtausende bei und so gibt es sehr glaubwürdige Theorien, dass das bereits die aktuelle Warmphase der Eiszeit anhalten lässt und die Eiszeit als solche sogar gefährdet. Es ist möglich, dass in einigen Jahrhunderten keine Eiszeit mehr herrscht. Das ist nicht dramatisch für die Erde, wohl aber für die Menschheit. Eiszeit liegt für die meisten Menschen zwar in der Vergangenheit, aber Eiszeit bedeutet, dass die Pole Eis führen und das tun sie gerade zum siebten Mal, seit es die Erde gibt.

Bei gutem Boden und genügend Feuchtigkeit wachsen Bäume bei hoher CO<sub>2</sub>-Konzentration stärker und so haben wir dafür gesorgt, dass die Absorptionsfähigkeit von Wäldern seit der Industrialisierung um 30% zugenommen hat. Doch die Entwaldung wird innerhalb der nächsten 40 Jahre dafür sorgen, dass die Biosphäre nicht mehr kann. Dann wird wieder mehr CO<sub>2</sub> abgegeben und besonders die Amazonas-Region wird langsam zur Steppe verkommen. Landwirtschaft wird in Südamerika dann ebenfalls schwerer, weil viel Verdunstungswasser und damit Niederschläge ausbleiben werden. Der Düngeneffekt von CO<sub>2</sub> auf Pflanzen nennt sich Beta Faktor, was ja eigentlich Mut macht. Allerdings ist der Effekt dank Bodenerosion, Hitze und fehlender Nährstoffe in den vergangenen Jahrzehnten um gut 30% zurückgegangen. 86% der bewachsenen Flächen der Erde sind von diesem Rückgang des Effektes betroffen.<sup>25</sup>

Messungen zwischen 2000 und 2017 ergaben einen Anstieg der klimastarken Methanausdünstungen um 50 Millionen Tonnen auf fast 600 Millionen Tonnen im Jahr.<sup>26</sup> 190 Millionen Tonnen durch Sümpfe, 39 Millionen Tonnen durch Permafrost, Tiere und Thermalquellen, 28 Millionen Tonnen durch Brände, 108 Millionen Tonnen durch fossile Brennstoffe und 227 Millionen Tonnen durch Landwirtschaft und Müllverbrennung. 531 Millionen Tonnen werden chemisch wieder gebunden und 40 Millionen Tonnen werden von der Landmasse aufgenommen. 17 Millionen Tonnen verbleiben jährlich als Überschuss in der Atmosphäre.<sup>27</sup> Der Anstieg des weltweiten Ausstoßes im Jahr steigt jedes Jahr etwa um 10%. Besonders Ostasien und Afrika legten zu.

Amerika fördert nun mehr Erdöl statt Kohle zum Heizen, was die CO<sub>2</sub>-Ausschüttung reduziert, die Methan-Ausschüttung allerdings erhöht und unterm Strich schlechter fürs Klima ist. Corona wird nicht viel an den Emissionen ändern, nur am Umgang der Menschen miteinander und alles was wir 2020 einsparen, wird in den Folgejahren nachgeholt. Vielleicht 0,1 Grad wird es am Ende bringen, doch wir haben bereits die 1 Grad Grenze überschritten und Forschern zu Folge können wir zu 25% hoher Wahrscheinlichkeit noch bis 2024 die 1,5 Grad überschreiten.<sup>28</sup>

Im Jahr 2019 wurden mit 43 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> mal wieder so viele Treibhausgase wie nie zuvor entlassen.<sup>29</sup> Als Mittel der letzten fünf Jahre steigt das CO<sub>2</sub> durch Kohle, Öl, Gas etc. jährlich um 0,8%. Einige Nebenprodukte unseres Umgangs mit fossilen Brennstoffen kühlen sogar ein wenig. Dieser Effekt bleibt beim Rückgang der Emissionen natürlich auch aus und muss einberechnet werden, sodass wir eigentlich noch weniger Treibhausgase abgeben dürfen.<sup>30</sup> Eine junge Studie belegt beispielsweise auch, dass alleine aus der Nordsee jährlich 17.000 Tonnen potentes Methan aus Borlöchern entsteigt.<sup>31</sup> Wir sehen also immer mehr, wie sich die Uhr immer schneller auf 12 Uhr zubewegt.

Kohleverbrennung verursacht Kosten. Abbau der Kohle, Renaturierung von Gebieten oder Gesundheitsschädigungen der Menschen. Es wäre rechnerisch sogar teurer und nicht billiger, weiterhin Kohle zu verbrennen. Nur eben werden diese Kosten auf alle abgewälzt, während einzelne Konzerne noch immer Profit schlagen.<sup>32</sup>

Mit 18 Millionen Quadratkilometern ist das Ozonloch Ende 2020 so groß wie lange nicht mehr. Selbst die nördlicheren Breiten beginnen auszudünnen, auch wenn die Ozonschicht sich weltweit eher erholt

---

<sup>25</sup> <https://science.sciencemag.org/content/370/6522/1295>

<sup>26</sup> <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab9ed2>

<sup>27</sup> <https://essd.copernicus.org/articles/12/1561/2020/>

<sup>28</sup> <https://hadleyserver.metoffice.gov.uk/wmolc/>

<sup>29</sup> <https://www.earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019/>

<sup>30</sup> <https://www.nature.com/articles/s41612-020-0123-3>

<sup>31</sup> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583619306504?via%3Dihub>

<sup>32</sup> <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0728-x>

hat, seit beispielsweise im Montreal-Protokoll die FCKWs verboten wurden. Dennoch ist das Ozonloch der Antarktis aktuell so groß wie seit 41 Jahren nicht mehr. Die jüngsten Wetterextreme verminderten die Luftdurchmischung und schufen einen Kaltluftstrudel in der Antarktis, der die dortige Atmosphäre festhält.<sup>33</sup>

Interessant ist wohl auch anzumerken, dass ein großer Klimafaktor wohl unsere Frachtschiffe darstellen. Seit Menschen gedenken ist Wasserfrachtverkehr sehr wichtig und noch heute nutzen wir den Auftrieb des Wassers, um 90% unserer Güter zu transportieren. Nur sechzehn der größten Frachttanker reichen aus, um so viel Schwefelverbindungen wie alle Autos der Welt herauszublasen. Seit der Kindheit meines Vaters hat sich der Schiffverkehr verfünffacht. Luftverkehr ist in den vergangenen 40 Jahren mehr als 70% sparsamer geworden, aber wir brauchen nur 15 Jahre um den Luftverkehr um 70% wachsen zu lassen. Mittlerweile fliegen überall auf der Welt laufend Leute an schöne Strände und tragen damit dazu bei, dass eben diese Strände durch steigende Meeresspiegel abgetragen werden. Außerhalb von Corona-Zeiten ist laufend eine Großstadt an Menschen in der Luft.

Sehen wir einmal vom Krach ab, dem hinterlassenen Müll, Kollisionen mit Tieren und aus Schiffen auslaufendes Schweröl. Auch Lichtverschmutzung ist ein interessantes Thema. All der Weltraumschrott und die Satelliten reflektieren dauernd Licht auf die Erde und das erschwert Beobachtungen von extrastellaren Objekten ungemein. Bereits jetzt haben wir für 80% der Weltbevölkerung die zulässigen Grenzwerte zur Lichtverschmutzung hin übertroffen.<sup>34</sup> Auch erwärmte sich die Erde in diesem Jahrtausend bisher um ein halbes Watt pro Quadratmeter als Überschuss. Das geht aus Satellitenbeobachtungen hervor.<sup>35</sup> Im selben Atemzug kamen Berichte auf den Tisch, dass die Schichtung der Ozeane (Thema ‚Wasser und Ozeane‘ für Genaueres) sechs Mal höher ausfällt, als bisher angenommen.

### Eine kurze Geschichte vom Ende der Welt

Doch wenn wir auf extrem lange Sicht schauen, wird CO<sub>2</sub> früher oder später von der Erde verschwinden. Steigende Temperaturen werden über Jahrhundertmillionen die chemische Verwitterung von Gesteinen vorantreiben, wodurch CO<sub>2</sub> gebunden wird. Doch wird es dadurch nicht kühler, da der kompensierende Effekt sofort wettgemacht wird, da die Sonneneinstrahlung immer stärker wird. Die modernen C3-Pflanzen werden maximal 600 Millionen Jahre bestehen können. Dann wird es maximal noch 150 ppm CO<sub>2</sub> geben. Erst Laubbäume, dann Blumenwiesen und Gemüse. Es wird trockener werden, Steppen und Wüsten breiten sich aus und dort Wachsen C4-Pflanzen wie Getreide, Gräser, Kakteen, Lilien und Nadelbäume. Durch diesen Rückgang wird die Erde sauerstoffärmer werden.

Das Leben wird sich auf die Pole, die See und Höhlen zurückziehen müssen und große Landsäuger sterben aus. Komplexere Lebensformen wie Wirbeltiere allgemein, Räuber und Primaten sterben zuerst, dann folgen Reptilien, Amphibien, Kleinstsäuger und Fische. Es wird mehr Mutationen durch die fehlende Ozonschicht geben und in 900 bis 1300 Millionen Jahren wird alles höhere Leben beendet sein. Bakterien und Archaeen können noch in 1800 Millionen Jahren auf der Erde leben. Die Evolution ist am Höhepunkt oder kurz davor und wird sich in Zukunft wieder zurückentwickeln müssen. Zu eben genannten Zeiten wird die Durchschnittstemperatur der Erde 50 Grad übersteigen. Das Wasser verdampft und mit ihm wandert die habitable Zone weg von der Erde. Selbst die Atmosphäre wird zu dünn, um noch die Dämpfe zu halten, die von der starken UV-Strahlung zerrissen und verweht werden.

---

<sup>33</sup> [https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/04/20201217\\_riesiges-ozonloch-ueber-dem-suedpol.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/04/20201217_riesiges-ozonloch-ueber-dem-suedpol.html)

<sup>34</sup> <https://academic.oup.com/mnras/advance-article/doi/10.1093/mnras/516/1/1188/6188393>

<sup>35</sup> <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020GL091585>



Die Erde wird aus Wüsten, Felsöden und Salzseen bestehen. Die verbleibende Atmosphäre heizt den Planeten weiter auf, bis er in knapp 3 Milliarden Jahren bereits eine Durchschnittstemperatur von 150 Grad hat, ähnlich wie heute auf der Venus. Würde die Atmosphäre der Venus nicht so dicht, heiß und giftig sein, hätten wir dort vielleicht bereits mit Sonden nach Leben suchen können, aber bei 400 Grad funktioniert unsere Technik nicht. In 5 Milliarden Jahren liegt der Mars wieder in einer angenehmen Zone, doch fehlt es ihm an Atmosphäre und Masse, um noch einmal lebendig zu werden. So oder so hat die Sonne zu diesem Zeitpunkt ihren Wasserstoff verbraucht, sinkt erst zusammen und brennt unter erhöhtem Druck weitere Elemente für Gegenenergie. Dadurch treibt sie weiter nach außen und wächst zum roten Riesen. Jede Brennstufe lässt sie außen kälter und roter werden und sie verschluckt die inneren Planeten langsam. Und was treibt die Erde bis dahin?

In sieben Milliarden Jahren ist die Erde ein Ball aus geschmolzenem Gestein mit einem Himmel, der zu einem Drittel aus einer großen roten Sonne besteht. Nirgends kann es mehr Leben geben. Doch es kann noch weitere 400 Millionen Jahre dieser Hölle dauern, bis die Sonne kollabiert und die Hüllen in einer Supernova abstößt. Eventuell hat die Erde überlebt, weil sie durch die wachsende Sonne abgedrängt und nicht verschluckt wurde. Es wird 2700-mal heller im Sonnensystem sein, als heute. Der Mond ist da schon von den Gezeitenkräften zerrissen worden und treibt als Ring 18.000 bis 38.000 km entfernt. Spätestens 170 Millionen Jahre weiter wird unsere Erde allerdings auch verschluckt worden sein. Gut 20 Millionen Jahre später ist auch unser Eisenkern aufgelöst und die Sonne hat ihr Maximum erreicht.

Nach dem Abstoßen der Hüllen hat die Sonne fast die Hälfte ihres Gewichts herausgeschleudert und ist beinahe nur noch so groß wie die Erde, obwohl sie noch 150.000-mal mehr Masse besitzt. Dies erzeugt Energien, die nahe Gase zum Leuchten bringt und 3500-mal heller scheint, als die heutige Sonne. Doch ein weißer Zwerg ist tot. Die anderen Planeten werden teilweise zerrissen um diesen leuchtenden langsam erlöschenden Nebelpunkt herum im All treiben – in ca. 8 Milliarden Jahren.