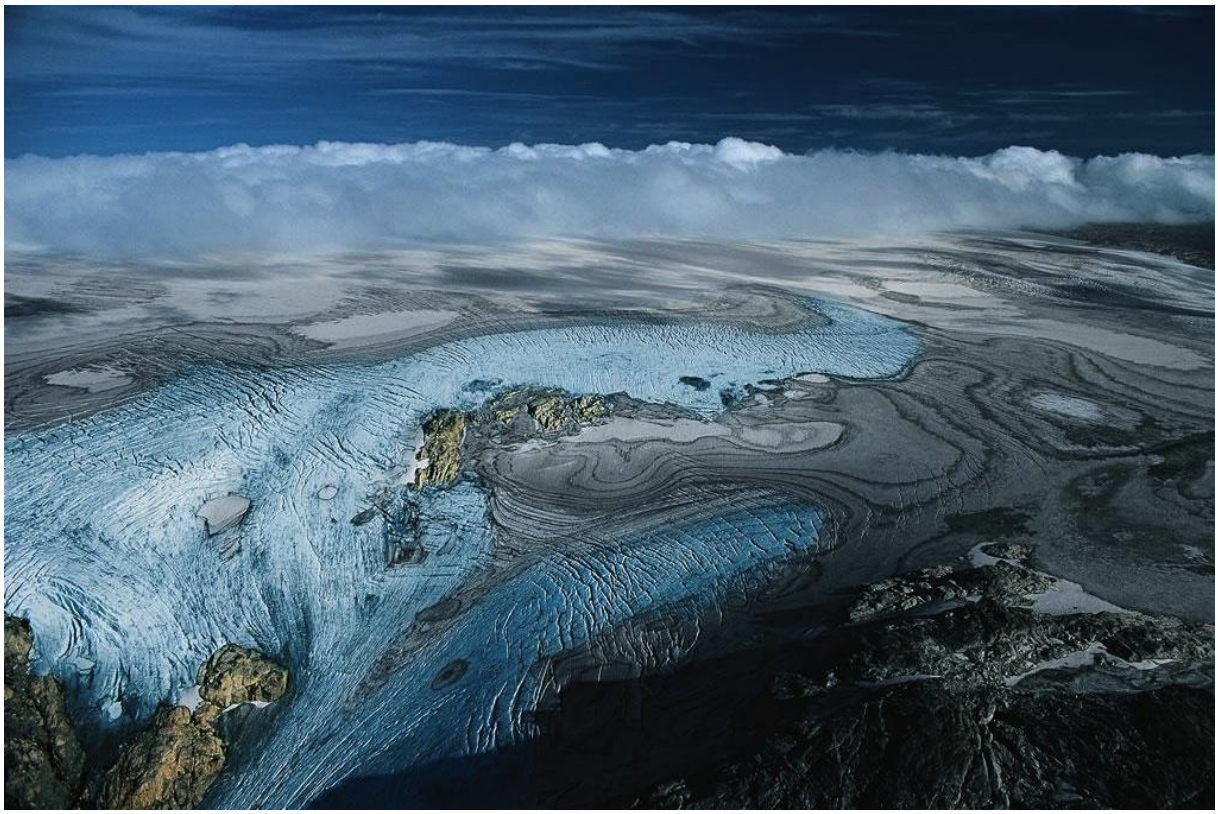
Der Klimawandel

100% RECYCLEPAPIER
MINERALÖLFREIE
DRUCKFARBEN



Oben : Folgefonna Gletscher, Hochebene von Sørfjorden, Norwegen (60°03’ N–6°20’ E) © Yann Arthus-Bertrand/Altitude. Anpflanzen von Mangroven-Setzlingen in Funafala, Funafuti Atoll, Tuvalu. © David J. Wilson. China, Shanghai, Luftaufnahme © Ocean/Corbis, bei IPCC, AR5, WGI

Titelbild: Chittagong (22 ° 22'0 '' N 91 ° 48'0 '' E - Bengali: চট্টগ্রাম), ist eine wichtige Küstenstadt und das Finanz – und Verwaltungszentrum des gleichnamigen Distrikts und Division im Südosten Bangladeschs. Die Stadt hat mehr als 2,5 Millionen Einwohner, während die Metropolregion 2011 4.009.423 Einwohner hatte. Die Bevölkerungsdichte der Stadt beträgt 15.441,3 Einwohner /km². Damit ist sie die zweitgrößte Stadt des Landes. Die höchste Erhebung innerhalb des Stadtgebiets ist etwa 85 Meter. Überschwemmungen gehören in dieser Stadt seit einigen Jahren zum Tagesablauf, und wenn infolge der globalen Erwärmung das gesamte Grönlandeisschmilzt, sorgt das Schmelzeis in der Region für 60 000 Obdachlose, ohne dass man hier die Schäden der Zyklone mitrechnen würde, von der die Region in unregelmäβigen Abständen oft heimgesucht wird. Wenn sich die Dinge verschlimmern, werden die 2.592.439 Einwohner der Stadt wahrscheinlich auswandern müssen. **Bild:** Schulkinder, die durch das brusttiefe Wasser einer überschwemmten Straβe in der Agglomeration waten, die infolge einer Überschwemmungen, völlig unter Wasser steht. Mit Dank zur Verfügung gestellt von: ©Jashim Salam, nominierter Fotograf für den Climate Visuals Award (https://www.jashimsalam.com/)
(Erde) ©Climate change in the american Mind Nov. 2019, ©YALE PROGRAMM ON CLIMATE CHANGE COMMUNICATION ©GEAORGE MASON UNIVERSITY CENTER *for* CLIMATE CHANGE COMMUNICATION.
(Hintergrund) © UNISDR, 2009: 2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), United Nations, Genf, Schweiz, 30 Seiten. („CC0 1.0 – Public Domain dedication= Kein Urheberrechtschutz)

Einleitung

Dieses Travail personnel ist das Ergebnis einer koordinierten und intensiven Recherchearbeit und sorgfältig zusammengeführter Bemühungen vieler Wissenschaftler und Klimatologen und deren Berichte und Studien über die globale Erwärmung (oder in den Medien eher bekannt als „Klimawandel“) und soll kohärente und umfassende Informationen zu verschiedenen Aspekten des Klimawandels sicherstellen. Aus der globalen Debatte und den politischen sowie gesellschaftlichen Unsicherheiten und Auseinandersetzungen, die global aufgrund des Klimawandels aufgeworfen wurden, daran kann man sich schon vorstellen, dass es eine gewaltige Herausforderung ist und war, das ganze unter einen Hut zu bringen, dieses breite Thema zusammenzufassen. Die einzelnen Aspekte des Klimawandels, die so oft hinterfragt werden und die meisten Konflikte verursachen und treiben, sowie die wichtigsten wissenschaftlichen Aussagen über den Klimawandel und natürlich auch die Diskussion spiegeln sich in gewisser Weise natürlich auch in der Struktur, den einzelnen Kapiteln dieser Jahresarbeit wieder, nichtsdestotrotz war eigentlich wirklich die Herausforderung, das alles irgendwie zu integrieren und zusammenzufassen. Es basiert auf nahezu 300 belastbaren Quellen, die auf einer Zusammenstellung und wissenschaftlichen Bewertung des weltweiten Wissens über den Klimawandel basieren. Die Priorität liegt auf von Experten begutachteter (peer-reviewed) wissenschaftlicher, technischer und sozioökonomischer Literatur (weit über 140 der Quellen) aber andere Quellen, wie Berichte von Regierungen und aus der Industrie sowie Internetseiten und nicht Fachautoren sind auch relevant für den travail personnel. Das TraPe nutzt auch die Erkenntnisse aus den beiden 2019 veröffentlichten Sonderberichten des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change = Weltklimarat) : *Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen (SRCCL) sowie dem IPCC-Sonderbericht über Ozean und Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima.* Zusätzlich referenzieren auch viele Themen auf dem 2014 veröffentlichten fünften Synthesebericht des IPCC, an welchem 2.500 Wissenschaftler, 800 Autoren & 450 Redakteure aus 130 Ländern mitgewirkt haben. Es bietet daher eine umfassende und aktuelle Sammlung von Bewertungen zum Klimawandel und beruht auf der neuesten wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Literatur auf diesem Gebiet.
Wenn ihnen trotzdem ein inhaltlicher Fehler auffällt, oder falls Sie Fragen zu Abbildungen, dem travail personnel o.Ä. haben, wenden sie sich gerne an mich:
DieJo033@school.lu.

Umfang der Arbeit

Dieses Travail personnel enthält eine konsistente Einschätzung und Bewertung von Risiken, integrierte Kosten- und Wirtschaftsanalysen, regionale Aspekte, sowie auch, um es wie eine Geschichte zu gestalten, die Forschungsgeschichte des Klimawandels, Änderungen, Folgen und Reaktionen in Bezug auf Wasser- und Erdsysteme, den Kohlenstoffkreislauf, einschließlich der Versauerung der Ozeane, die Kryosphäre und den Meeresspiegelanstieg, sowie die Behandlung von Optionen zur Emissionsminderung und Anpassung im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung, ferner wiederlege ich in dieser Jahresarbeit mithilfe wissenschaftlicher Aussagen die Thesen der sogenannten „Klimaskeptiker“.

Andere in diesem TraPe behandelte Aspekte des Klimawandels beinhalten direkte Folgen des Klimawandels für natürliche Systeme sowie sowohl direkte als auch indirekte Folgen für Systeme des Menschen, wie Gesundheit, Ernährungssicherheit und die Sicherheit gesellschaftlicher Bedingungen. Durch die Einbindung von Risiken des Klimawandels und

Fragen der Minderung im Rahmenwerk nachhaltiger Entwicklung hebt diese Arbeit auch die Tatsache hervor, dass nahezu alle Systeme auf diesem Planeten von den Folgen eines sich ändernden Klimas betroffen wären, und dass es nicht möglich ist, den Klimawandel und die damit verbundenen Risiken und Folgen einerseits von einer Entwicklung andererseits abzugrenzen. Daher konzentriert sich diese Arbeit auch auf Zusammenhänge zwischen diesen Aspekten und liefert Informationen darüber, wie man sich verhalten sollte, um den Klimawandel zu stoppen, und wann das im besten Falle wäre.
Dies ist auch kein wissenschaftlicher Bericht, sondern nur eine Jahresarbeit, und vorliegende Arbeit ist nicht in Fachjargon (Technolekt=die für ein bestimmtes Fachgebiet oder für eine bestimmte Branche geltende Sprache) geschrieben, dafür auch die absichtliche Nutzung des« Prolog » (anstatt dem passenden Abstract) und das ist, hier nach Duden: *ein Vorspiel eines dramatischen Werkes; Vorspruch/ Vorrede, Vorwort, Einleitung eines literarischen Werkes („griechisch:* πρόλογος */prólogos/* „das Vor-Wort, die Vor-Rede“).

Struktur

Vorliegende Arbeit ist der besseren Lesbarkeit wegen in strukturelle Teile oder Bereiche gegliedert. Der Travail personnel enthält einen ausführlichen Bericht, gegliedert in Kapitel (Hauptabschnitte), die von der römischen Ziffer I an fortlaufend nummeriert werden.
Aus den Kapiteln sind die Themen (Abschnitte) abgeleitet, die alphanumerisch gegliedert sind, und auch weiter in passende Unterabschnitte(Absätze) eingeteilt sind, (Mit Ausnahme von Kap. 2, wo, anstatt Unterabschnitte, die Themen entsprechend auch in Argumente/Thesen untergeordnet werden, und Antithesen übergeordnet sind)

die in sich weitgehend abgeschlossen sind, aber aus dem Ganzen als Einheit nicht entfernt werden können, ohne dieses unvollständig zu machen. Jeder Unterabschnitt kann wiederum in weitere Unterabschnitte (Akte) eingeteilt werden, usw. (Szenen, Strophen)
Es handelt sich also um eine Mischung aus dem dezimalem und dem alphanumerischem Prinzip, was hier ganz mit Absicht so gemischt wurde, und nicht als Gliederungsfehler anzusehen ist. Bei jener Gliederung nimmt der Umfang mit jeder Ebene etwas zu. Beispiel: bei der 7. Ebene lautete es dann exemplarisch: „A5.3.4.1.2.8.1 (Überschriftentext)“.
Diese Gleich- bzw. Unterordnung aller Teile, durch Präzision der Überschriftenformulierungen sowie durch einheitlichen Überschriftenstil macht den Text übersichtlicher und erleichtert euch, Informationen zu Teilaspekten schnell zu finden, und gleichzeitig habe ich hiermit versucht, die Logik der Argumentation zu verdeutlichen.

Angesichts der weltweiten Umweltschäden möchte ich mich in diesem TraPe an jeden Menschen wenden, der auf diesem Planeten wohnt. Um den Zugang zu den wissenschaftlichen Erkenntnisse und Forschungsergebnisse für eine breite Leserschaft zu erleichtern und es auch der Tutrice zu erleichtern, diesen leider viel zu umfangreichen Travail personnel zu lesen, enthält jeder Abschnitt des Travail personnels farblich hervorgehobene Hauptaussagen. Zusammengenommen bieten diese 44 Hauptaussagen eine übergeordnete Zusammenfassung in einfacher und durchgängig nicht technischer Sprache zum leichteren Verständnis für Leser unterschiedlicher Gesellschaftsschichten.
Ein Glossar und Verzeichnisse der Abkürzungen, Verweise auf zitierte Autoren deren Studien, Bücher und Berichte sowie Fachliteratur sind in den Anhängen dieses Berichts zu finden. Ferner sind im TraPe Hyperlinks bereitgestellt, die es dem Leser ermöglichen, weitere wissenschaftliche, technische, sozioökonomische Informationen zum Klimawandel schneller zu finden, und weiter zu forschen. Nutzer, die ein besseres Verständnis der wissenschaftlichen Details erlangen wollen oder auf die wissenschaftliche Primärliteratur, auf welcher das Travail personnel beruht, zurückgreifen möchten, werden auf die Kapitelabschnitte der zugrundeliegend Glossare und Quellenverzeichnisse verwiesen, die sie bei den Anhängen finden.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung ii
1 Umfang der Arbeit ii
1.1 Struktur iii
Inhaltsverzeichnis iv

Kapitel

Prolog 7
Einführung 1. | Wie man diese Arbeit lesen soll 10
Kapitel 1 | Das Klima der Erde 10
Thema A | Klimaphysik 11
Absatz A1 | Unsere Sonne 11
Absatz A2 | Unsere Atmosphäre 11
Akt A2.1 | Natürlicher Treibhauseffekt 11
Szene 2.1.1 | Natürliche Treibhausgase 13
Absatz A3 | Wolken oder Bewölkung 14
Absatz A4 | Klimazonen und globale Zirkulation 15
Thema B | Klimageschichte 18
Absatz B1 | Paläoklimatologie 18
Absatz B2 | Paläoklima (Seit Entstehung der Erde) 19
Akt B2.1 | Milenkovic Zyklen 20
Akt B2.2 | Sonnenflecken 21
Akt B2.3 | Vulkane und Vulkanismus 21
Akt B2.4 | Veränderung der Ozeanzirkulation 21
Absatz B3 | Das Klima im Holozän 22
Absatz B4 | Eine neue Epoche: das Anthropozän („Das Kapitalozän“) 23
Absatz B5 | Kohlenstoffkreislauf 26
Thema C | Der Wandel: Es wird wieder wärmer 27

Kapitel 2 | Klimahysterie! Klimapropaganda! Ursachendiskussion: Klimaleugner und Gegenargumente 29
Thema A | Die häufigsten Argumente der Klimaskeptiker, und was die Wissenschaftler dazu zu antworten haben 29
Argument Nr. 1 | Es gab schon immer Warm- und Kaltzeiten 29
Argument Nr. 2 | Der Klimawandel ist nicht von Menschen gemacht 30
Argument Nr. 3 | Sogar die Wissenschaftler sind sich nicht einig 32
Argument Nr. 4 | Extreme Wetterereignisse nehmen weder zu noch sind sie sind sie ein Beleg für den Klimawandel 32
Argument Nr. 5 |Der Treibhauseffekt ist erfunden 32
Kapitel 3 | Folgen und Auswirkungen des Klimawandels 33
Thema A | Kryosphäre im Wandel mit besonderem Fokus auf den Meeresspiegelanstieg 34
Absatz A1 | Kryosphäre 34
Akt A1.1 | Hochgebirgsregionen 34
Akt A1.2 | Polargebiete 35
Szene A1.2.1 | Eis-Albedo- Rückkopplungseffekt 35
Szene A1.2.2 | Grönland und Arktis 36
Szene A1.2.3 | Die Antarktis 37
Absatz A.3 | Permafrost 37
Thema B | Ozeane 38
Absatz B1 | Energiekonsument Ozean 38
Akt B1.1 |Versauerung der Ozeane 38
Akt B1.2 |Verlust der Artenvielfalt 39
Akt B1.3 | Meeresspiegelanstieg 39
Akt B1.4 |Wasserdampfrückkopplung 39
Akt B1.5 | Ozeane nehmen kein CO2 mehr auf 39

Akt B1.6 |Veränderung der AMOC 40
Akt B1.7 |Niederschlag, Überschwemmung und Hurrikane 40
Akt B1.8 | Methanhydratfreisetzung durch die wärmer werdenden Ozeane 40
Absatz B2 | Die Meeresspiegel steigen 40
Absatz B3 | „Der Küstenmensch“ 41
Absatz B4 |Küstennahe marine Ökosysteme 44
Akt B4.1 | Korallenriffe 44
Akt B4.2 | Mangroven 44
Thema C| Extremereignisse: Wetter und Klima und die Auswirkungen auf den Menschen 46
Absatz C1| Wie wird sich der Wasserkreislauf der Erde ändern? 46
Absatz C2 | Dürren und Überschwemmungen 48
Absatz C3 | Hitze und Kälte 49
Absatz C4| Meteorologische Ereignisse: Stürme 50
Absatz C5 | Weitere Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Menschen 51
Kapitel IV | Über die Pflege unseres gemeinsamen Hauses 53
Thema A | Ausblick: Fazit 53
Thema B| Ausblick: Und Nun? So könnten wir in Zukunft leben 54

Anhänge

Anhänge 59
I. Glossar 59
II. Hinweis auf Quellen, Referenzen und Bibliographie 68
III. Akronyme, Abbrevationen, chemische Symbole und wissenschaftliche Einheiten 80

Prolog

Die Leute reden gerne über das WETTER. Sie unterhalten sich gerne darüber, wie das Wetter war, und die meisten von uns verfolgen wahrscheinlich fast täglich eifrig die Meteo. Doch in letzter Zeit wird sich auch immer öfters über das KLIMA unterhalten. Spätestens seit Greta Thunberg in ihrer Aktion „Fridays for future“ weltweit Furore macht, ist dieses Thema allgegenwärtig: beim Bäcker, auf dem Fernsehen, in der Schule, in den Straβen... Es entfaltet sich immer mehr eine schmerzliche Besorgnis für die Umwelt, das Klima und der Welt. In den letzten 15 Jahren ist Nachhaltigkeit tiefer in Märkte und Sektoren auf der ganzen Welt eingedrungen. Seit 1962 hat sich die Zahl der Schutzgebiete weltweit um mehr als das 20 - Fache und die gesamte Schutzgebietsfläche um das 14-Fache auf über 209 000 Gebiete mit einer Fläche von fast 33 Mio. km^2 (Stand 2014) zugenommen. Wie kommt das?

Verdreifachung der Weltbevölkerung, die „Babyboomer“, die Dampfmaschine, die Eisenbahn, der Telegraph, die Elektrizität, das Automobil, das Flugzeug, die chemischen Industrien, die moderne Medizin, die Informatik und jüngst die »Digitale Diktatur », die Robotertechnik, die Biotechnologien und die Nanotechnologien. Das sind alles Fortschritte, die uns das Leben in vielfacher Weise angenehmer machten. Doch diese Fortschritte stehen einer Reihe wenig positiver Auswirkungen entgegen. So ist der Gehalt der Treibhausgase in der Atmosphäre inzwischen so hoch wie noch nie in den letzten 64 Mio. Jahren. Der Druck, der die Menschheit auf die Erde ausübt, hat zu massiven Veränderungen in der Atmosphäre, den Ökosystemen und der biologischen Vielfalt geführt – während viele Ressourcen zur Neige gehen. Die Welt ist physikalisch endlich. Dass daraus in der Schnittmenge von Resourcenendlichkeit, Umweltproblemen, Welternährung und Demografie- trotz aller technischer Innovation – mindestens langfristig eine schwerwiegende Problemlage zu entstehen droht, versuchen uns zahlreiche Wissenschaftler schon lange klar zu machen. Der Club of Rome veröffentlichte 1972 einen Bericht mit dem Namen „Die Grenzen des Wachstums“. Aus heutiger Sicht hat der Club of Rome doch eigentlich, und ich mein das wirklich nicht despektierlich; eine Binsenweisheit verkündet. Er hat gesagt, wenn wir die Schätze, die uns die Erde frei aus zur Verfügung stellt, weiterhin mit dieser Geschwindigkeit verbrauchen, dann ist abzusehen, dass irgendwann nichts mehr da ist; und wenn nichts mehr da ist, dann kann die Erde auch nicht mehr in dem Maβ die Menschen „ernähren“ wie sie es bis jetzt gemacht hat[108]. Die Ressourcen der Erde werden auch geplündert durch ein Verständnis der Wirtschaft und der kommerziellen und produktiven Tätigkeit, das ausschließlich das unmittelbare Ergebnis im Auge hat. Der Verlust von Wildnissen und Wäldern bringt zugleich den Verlust von Arten mit sich, die in Zukunft äußerst wichtige Ressourcen darstellen könnten, nicht nur für die Ernährung, sondern auch für die Heilung von Krankheiten und für vielfältige Dienste [97]. Die verschiedenen Arten enthalten Gene, die Ressourcen mit einer Schlüsselfunktion sein können, um in der Zukunft irgendeinem menschlichen Bedürfnis abzuhelfen oder um irgendein Umweltproblem zu lösen. Wir sind in so hohem Maβe von Energie abhängig, dass wir ohne sie nicht bestehen könnten, und das wissen wir genau. Trotz der Sorge, dass die Ressourcen nicht mit der Nachfrage Schritt halten können, bleibt beim Thema Nachhaltigkeit noch viel zu wünschen übrig. Wir zerstören die kleine blaue und schöne Erde – die einzige, die allereinzige Erde des Universums; - (Alpha Centauri, das nächste Sonnensystem= 4,34Lichtjahre entfernt, d.i. 41,23 Bio. J.) ein kleiner unbedeutender blauer Punkt in der unendlichen Kälte des Universums. Auf diesem kleinen blauen, zerbrechlichen, schönen Punkt ist alles, was uns lieb und teuer ist; und das alles, dieser unermessliche Schatz, unersetzlich, ist nur getrennt von einer hauchdünnen Schicht. „Wir haben unseren Anhaltendes Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum treiben die Nachfrage an, die der Grund für viele miteinander verknüpfte Veränderungen ist, die nicht

immer gut für unsere Erde und unsere Umgebung ist. Wir – die Menschen – haben uns zur dominanten globalen Kraft entwickelt. Die sich rasch verschlechternde biophysikalische Situation … wird von der Weltgesellschaft kaum erkannt, die dem irrationalen Glauben verfallen ist, dass die Wirtschaft physisch endlos wachsen könne. Die Themen Klimawandel, Nachhaltigkeit und Energie unterliegen Konjunkturen. Mal sind sie tagelang in den Schlagzeilen, wenn das IPCC einen neuen Bericht ausgegeben hat, eine neue Klimakonferenz stattfindet, im Hambacher Forst tausende von Protestanten auf „Mordor“ zu rücken, oder als sich Greta Thunberg am 20. August 2018 vor das Schwedische Parlament setzte; dann tauchen sie wieder längere Zeit ab. Die breite Öffentlichkeit und viele in der Politik sehen oft andere Dinge im Vordergrund.

Wir sind Zeugen eines gewaltigen Zusammenpralls zwischen der Bevölkerung und der Erde. Das Verhältnis unserer Zivilisation zum Ökosystem Erde hat sich vollständig und radikal verändert. Den abwertenden Umgang mit unserer Umwelt lässt sich schon sehr leicht in dem eben benutzten Wort sehen: „Umwelt“. Stell dir vor, du würdest deine Mitbürger nicht Mitmenschen sondern „Ummenschen“ nennen.
Und nun haben wir es hervorgerufen: wir haben es so weit getrieben, dass die Erde uns ausscheiden will. Und sie macht es genauso wie wir Menschen, wenn Parasiten in uns eingedrungen sind: sie erwärmt sich. Sie heizt sich auf. Das ist es, was wir Klimawandel nennen. Da sind sie sich einig in den Nachrichten, in der Politik und in der Wissenschaft.
Die Welt wandelt sich schneller als je zuvor, allein wegen unseres Handelns. Wir befinden uns in dem sechsten groβen Artensterben der Weltgeschichte [170].
Die schlimmsten Auswirkungen werden wahrscheinlich in den nächsten Jahrzehnten auf die Entwicklungsländer zukommen. Viele unschuldigen Armen, Proletarier und Unterdrückten der europäischen und amerikanischen Feudalherren leben in Gebieten, die besonders von Phänomenen heimgesucht werden, die mit der Erwärmung verbunden sind, und die Mittel für ihren Lebensunterhalt hängen stark von den natürlichen Reserven und den ökosystemischen Betrieben wie Landwirtschaft, Fischfang und Waldbestand ab. Sie betreiben keine anderen Finanzaktivitäten und besitzen keine anderen Ressourcen, die ihnen erlauben, sich den Klimaeinflüssen anzupassen oder Katastrophen die Stirn zu bieten, sie haben kaum Zugang zu Sozialdiensten und Versicherung; und damit zur weiteren Zunahme von Flüchtlingsströmen führt. Doch auch uns trifft der Klimawandel schon längst. Bei dem Rekordhitzesommer 2003 gab es in Europa insgesamt 71 443 zusätzliche Todesfälle.

Die Wissenschaft zeigt mit 97-98- prozentiger Sicherheit, dass der menschliche Einfluss die Hauptursache der beobachteten Erwärmung von 1°C der untersten 8 km der Troposphäre seit vorindustriellen Zeiten ist.[111,253,254], auch wenn viele „Skeptiker“ trachten, dieses Faktum zu leugnen. 33 700 Autoren von „begutachteten Artikeln“ sind der Meinung der Klimawandel sei durch den Menschen verursacht, nur 34 „peer reviewed“ Artikel lehnen es ab, und zitiert häufig eine große Anzahl von Wissenschaftlern, von denen sie glauben, dass sie ihre Behauptungen stützen [111]. Einen so eindeutigen und allgemein anerkannten Konsens gab es noch nie in der Wissenschaft [111]. Man würde meinen, ein solcher Konsens müsste uns wieder zu Verstand bringen. Aber nein, trotz dem Konsens der Wissenschaft und den offensichtlichen Auswirkungen stellt jeder sein vernünftiges Ohr taub. Besonders auffallend ist natürlich die Schwäche der internationalen politischen Reaktion. Tatsächlich gibt es eine Menge an Daten, neuen Erkenntnissen und Ergebnissen, viel mehr jemals zuvor. Sie sind zwar von Millionen Wissenschaftlern unabhängig voneinander überprüft worden, doch sind aber oft verstecken sie sich entweder in technischen Berichten, oder sie werden in jener trockenen Sprache geschrieben, die nur Wissenschaftler sprechen. Trotzdem sollte man auf die besten neuesten zugänglichen wissenschaftlichen Erkenntnisse achten, um sich davon

„zutiefst anrühren zu lassen“ (frei zitiert: 16), denn, auf wen sollte man sich denn verlassen, wenn nicht auf die Wissenschaft?! **Als öffentlich finanzierte Forschungsgemeinschaft ist die Wissenschaft den Interessen der Gesellschaft verpflichtet – und nicht den Interessen irgendeiner Lobby(215). Sie sind keine Instrumente der Politik. Beweis: Die ersten großen wissenschaftlichen Analysen zum Klimawandel wurden schon Ende der 1970er Jahre gemacht, als der Klimawandel noch gar kein politisches Thema war.** Fakt ist: die globale Erwärmung könnte sich in 10 Jahren vollständig aus unserer Kontrolle reiβen, da die globale anthropogene Erwärmung ein komplexes Netz von sich selbst beschleunigenden Kettenreaktionen ausgelöst hat, und das würde das Ende der modernen menschlichen Zivilisation bedeuten. Der Wandel und die Veränderung ist zwar ein Teil der Dynamik der komplexen Systeme, doch die Geschwindigkeit, die das menschliche Handeln ihnen heute aufzwingt, steht im vollkommenen Gegenstand zu der Langsamkeit und Trägheit der biologischen Evolution. Und dazu hinzu kommt das Problem, dass diese schnelle Veränderung nicht unbedingt für das Gemeinwohl und eine nachhaltige menschliche Entwicklung spricht. Jeder Wandel, jede Veränderung ist wünschenswert, doch wird beunruhigend, wenn es droht, das Leben der Erde zu zerstören.

Luxemburg hat im Laufe seiner Entwicklung von einem durch die Landwirtschaft geprägten Land über die Stahlindustrie hin zu einem internationalen Finanzzentrum einige Herausforderungen und Strukturwandel mit großem Erfolg gemeistert.
Doch nun steht das Land vor einer noch größeren Herausforderung: Bis spätestens Mitte des Jahrhunderts muss das Land, dessen Treibhausgas-Emissionen pro Kopf zu den höchsten der Welt zählen, dessen kumulierte historische Emissionen seit 1850 ähnlich hoch sind wie die einiger großer Staaten, und welches praktisch vollständig auf den Import von überwiegend fossilen Energiequellen angewiesen ist, sich zu einer CO2-armen Gesellschaft entwickeln. Doch die Natur lässt uns Zeit, zu handeln. Oder sie hatte uns mal Zeit gelassen. Wir aber sitzen nun schon ein Viertel Jahrhundert hier und wir haben immer noch nicht gehandelt. Die Kontrolle reiβt sich uns so langsam (schnell) aus den Händen. Wir haben alles, um auf die Herausforderung zu antworten, nun fehlt nur noch die Aktivität. Die Klimakrise ist also nicht nur ein Grund zur Besorgnis, sondern paradoxerweise auch zur Hoffnung. Das chinesische Zeichen für Krise „危机“ besteht aus zwei Zeichen die „Gefahr“ und “Hoffnung” bedeuten (8,22).

Die öffentliche Debatte über den Klimawandel ist hauptsächlich von Missverständnissen geprägt und in Bezug auf die Situation und die möglichen Lösungen haben sich unterschiedliche Sichtweisen und gedankliche Richtungen gebildet. Daher fällt es den meisten schwer, die sich mit diesem Thema nicht gut genug auseinandergesetzt haben, wissenschaftlich belegte Belege und vernünftige Aussagen von Fehlinformationen, sog. „Fake-news“zu unterscheiden.
Der Klimawandel erfordert ein breites Verständnis der heutigen Welt - mein Ziel ist es, euch den Klimawandel anhand von klaren und belastbaren Aussagen zu erklären. Da der Klimawandel jedem verständlich werden soll, muss die Vorstellung anschaulich sein- dafür gab ich mir die Mühe, euch in diesem TraPe komplexe naturwissenschaftliche Erkenntnisse durch viele Grafiken und Bilder/prägnante Texte klar einzuleuchten---es darf ja auch nicht langweilig werden!
Information verleiht, wie man sagt, Stärke und Kraft. Meine Hoffnung ist, mit diesem Travail personnel Kraft auf eine Weise zu geben, die viele von euch, wie ich hoffe - zum gemeinschaftlichen Engagement inspiriert und zum Handeln ermutigt und befähigt – bevor alles zu spät ist und wir nur noch fassungslos zusehen können, wie wir mit ausufernden. Katastrophen von allen Richtungen konfrontiert werden.
Wir sind die letzte Generation, die fähig ist, die Erde von dem Kollaps fernzuhalten.
Wir schreiben alle gemeinsam das nächste Kapitel der Menschheitsgeschichte. Jeder von uns kann einen eigenen kleinen Beitrag dazu leisten, der über das Feststellbare hinaus immer Früchte trägt, und im Schoß dieser Erde etwas Gutes verursacht, das dazu neigt, sich zuweilen auch unsichtbar auszubreiten – wir müssen nur handeln.(vgl.: *Laudato Si’*)

This World is on Fire!- Alles zum Klimawandel

Wie man diese Arbeit lesen soll…

- Hochgestellte Zahlen zwischen Klammern am Ende des Satzes, „(1)“, verweisen auf die Herkunft der von mir geschilderten Informationen hin, die ich am Ende der Arbeit noch erwähne und ihnen zeige, wie man sie findet.
- Zahlen zwischen eckigen Klammern wie „[1]“ weisen auf eine Verbindung zwischen Text und Grafik dar.
- Hochgestellte Zahlen ohne Klammern verweisen auf eine Anmerkung der Fußnote.
- Die in Geschweiften/geschwungenen Klammern (Akkoladen) aufgeführten Verweise auf Abschnitte (wie z.B.: „{Siehe: Kap.1 A1}“) weisen auf eine ausführlichere Erklärung eines Begriffes hin.

Kapitel I

Das Klima der Erde

Was ist Klima überhaupt?

KLIMA UND WETTER SIND NICHT DAS GLEICHE.

Das Wetter lässt sich eigentlich leicht definieren, da wir es täglich verspüren. In der Wissenschaft ist es die Momentaufnahme der bodennahen Atmosphäre an einem bestimmten Ort anhand der Wetterelemente Lufttemperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftdruck, Wind, ggf. Bewölkung, u.U. auch Sichtweite und Wetterphänomene wie Gewitter und Tornados.
Das Klima ist die statistische Beschreibung des Wetters, das über einen langen Zeitraum archiviert wurde.(97)
Nach der WMO umfasst dieser Zeitraum mindestens 30 Jahre(3,4,48,49,50).

Sehr nahe verwandt mit dem Wetter ist der Begriff Witterung. Er umfasst einige Wochen, ggf. auch die Jahreszeiten mit ihren charakteristischen Zeiten.
Wenn das Wetter von einem Tag auf den anderen um 5 Grad Celsius wärmer wird, heißt das nur, dass es ein heißer Tag ist, steigt das Klima aber um 5 Grad, würde das verheerende Folgen haben- wenn man sieht, wie verheerend die Folgen von einem Grad schon waren.

Mithilfe von Messgeräten überprüfen Klimatologen und Meteorologen, ob das Wetter feucht und kalt, oder warm und trocken ist, und können somit nach einem Zeitraum von mindestens 30 Jahren sehen ob es wärmer oder kälter geworden ist.(87)
Kurz ausgedrückt ist das Klima also die *Langzeitstatistik des Wetters.(4)*

Häufig gestellte Fragen und Antworten

FAQ

FAQ 1.1 | Wenn man das Wetter für den nächsten Monat nicht vorhersagen kann, wie kann man das Klima für das nächste Jahrzehnt vorhersagen?

Eine Fähigkeit, das zukünftige Klima vorherzusagen, ohne notwendigerweise das Wetter korrekt vorherzusagen, ist viel einfacher, als es zunächst scheint. Zum Beispiel kann treffsicher vorhergesagt werden, dass die durchschnittliche Lufttemperatur während des kommenden Sommers sehr wahrscheinlich höher sein wird als die durchschnittliche Temperatur während des letzten Winters– obwohl das tagtägliche Wetter während des kommenden Sommers nicht mit Exaktheit über eine Woche hinaus vorhergesagt werden kann. Dieses einfache Beispiel zeigt, dass es Faktoren gibt – in diesem Fall den jahreszeitlichen Zyklus der Sonneneinstrahlung– die die Fähigkeit unterstützen können, Klimaänderungen in einem zukünftigen Zeitintervall vorherzusagen, die nicht von der Genauigkeit der Wettervorhersage für das gleiche Zeitintervall abhängig ist.

A1 | Unsere Sonne

Der Kern der Sonne ist ein enormer Kernfusionsreaktor, der Wasserstoff in Helium umwandelt. Dieser Prozess erzeugt Energie, die als elektromagnetische Strahlung durch das gesamte Sonnensystem strahlt[113]. **Unsere Sonne ist unser Energielieferant und der Motor des Klimasystems [19]. Sie hat uns erlaubt, zu bestehen, und ihre Einstrahlung ist eine Voraussetzung für unser Bestehen.**
Bei Goldlöckchen und den drei Bären ist die eine Suppe zu warm, die andere zu kalt, eine aber hat die angemessene Mitte gefunden, so hat auch die Sonne genau die richtige Entfernung zur Erde, um eine Temperatur zu erstellen, die ein Leben ermöglicht: ca.150 000 km, und uns ist es nicht zu warm, noch zu kalt.
Box. 1

Angeberwissen[9]

- ✓ Die Erde bewegt sich nicht in einer perfekten Kreisbahn um die Sonne, das war schon Johannes Kepler im 17. Jh. klar. Sie bewegt sich in einer Ellipse, also oval um die Sonne. Daher gibt es auch die Jahreszeiten, da die Erde nicht immer gleich weit von der Sonne entfernt ist.

1. Am *Perihel* (sonnennächsten Position) =147,1 mio. km. Am *Aphel* (sonnenfernsten Position) dagegen 152,1 mio. km.
2. Im Schnitt sind das 149,6 mio. km. – Licht braucht: 499 s. also: 8 min. 19 s.

Doch im Jahr 1824 machte der französische Physiker und Mathematiker **Jean Baptiste Fourier** [Bild rechts, Quelle: https://www.skepticalscience.com/translationblog.php?n=1473&l=6) eine merkwürdige und bemerkenswerte Entdeckung: nach seinen Berechnungen müsste es ca.30° C kälter auf der Erde sein. [5, 208]
Und warum?
Da die natürliche Sonneneinstrahlung nach seinen Erkenntnissen gar nicht ausreichen dürfte, um auf der Erde ein Klima zu erzeugen, wie es tatsächlich gemessen wurde.
Es müsste eigentlich kälter sein.[5]
Er glaubt, dass die Erdatmosphäre etwas damit zu tun hat.

FOURIER, 1766-1830

A2 | Unsere Atmosphäre

Auf der Erde hat sich höheres Leben nur deshalb entwickeln können, weil unser Planet von einer bestimmten unsichtbaren Schicht umgeben ist. Sie speichert Wärme und versorgt uns mit Sauerstoff, das wir brauchen, um zu leben und zu atmen.
Sie heißt Atmosphäre.
Um wieder auf Fourier zurückzukommen: er nimmt an, dass nun jene Erdatmosphäre wie ein Gewächshaus funktioniert, also die eintreffende Strahlung passieren lässt, in die andere Richtung aber wesentlich weniger transparent ist und so die Wärme drinnen gefangen bleibt. Seine Theorie gelang nie zum Durchbruch, da die Forschungsmethoden zu seiner Zeit noch nicht fortgeschritten genug waren, seine Theorie durch mathematische oder konkrete Messungen zu beweisen oder wenigstens zu erklären, wie das funktionieren sollte. Dennoch war seine Entdeckung fundamental, wie er in seinen *Bemerkungen zur Temperatur des Erdballs* erklärte: der Treibhauseffekt. [5,10]

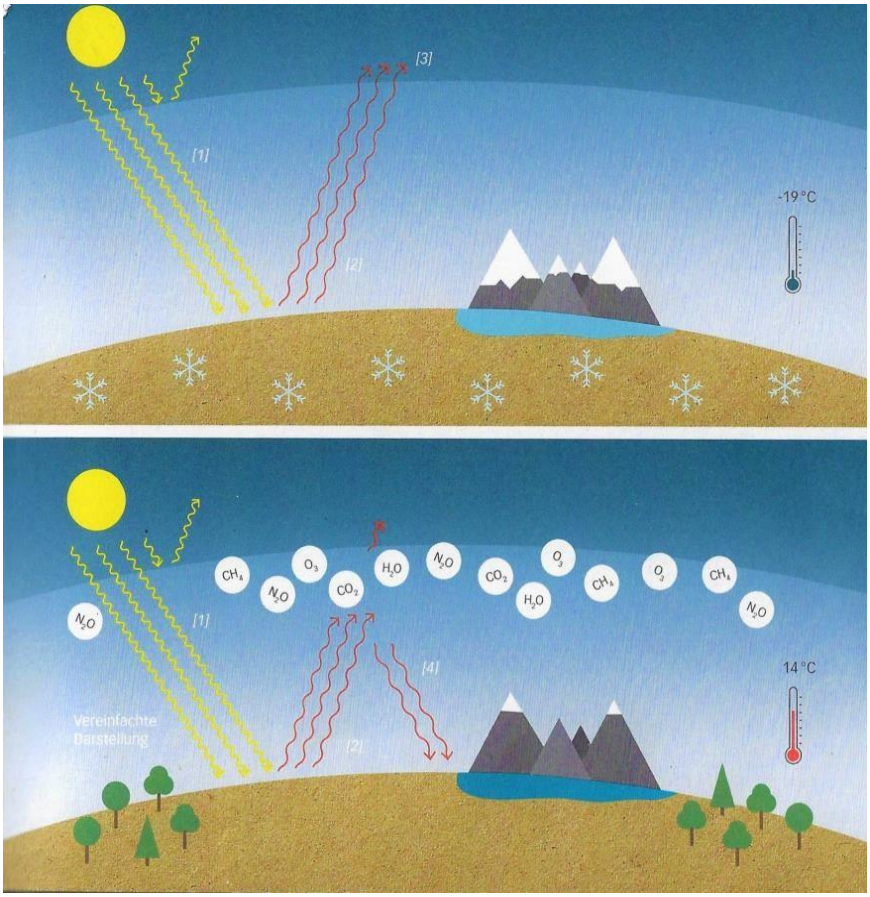
A2.1 | Natürlicher Treibhauseffekt

Die Aufgabe der Erdatmosphäre im Allgemeinen ist es, die Erde warm zu halten und die Lebewesen mit den nötigen Gasen, die zum Leben notwendig sind, zu versorgen. Sie enthält

zum Beispiel Sauerstoff, das wir brauchen, um zu leben.
Doch warum wirkt die Atmosphäre nun wie ein Gewächshaus?
Wie es Fourier schon vermutet hat, lässt die Erdatmosphäre die extraterrestrische, relativ kurzwellige Sonneneinstrahlung fast vollständig durch, der restliche kleine Teil der Sonnenstrahlung wird reflektiert[1], der Teil, der durchkam, trifft auf die Erdoberfläche, wird von dieser aufgenommen und als langwellige Infrarotstrahlung zurückgesendet.
Der Treibhauseffekt, wie dieser Prozess später von einem anderen Physiker namens John Tyndall benannt wird; entsteht nun, wenn der Groβteil der Infrarotstrahlen, also der Wärmestrahlung, die die Erde reflektiert, von der Atmosphäre zurückgeworfen wird.
Dieser Prozess ist es, der es überhaupt möglich macht, auf der Erde zu leben:
Ohne die sich in der Erdatmosphäre befindenden Gase würde die Wärmestrahlung wieder ungehindert ins All entflüchten, und die Erde wäre ein öder, wüster, unwirtlicher Schneeball mit nur spärlicher Biosphäre: 33° C kälter als heute (288K =+15 °C), also durchschnittlich 0°F (-18 °C) C.[2,3,4, 26][3]
Die Ursache für diesen Effekt sind bestimmte *klimawirksame Spurengase*, die man Treibhausgase (THG) nennt; die die Eigenschaft besitzen, relativ langwellige Strahlung (Infrarot(=IR)) und damit Wärme zu absorbieren, und sich erwärmen. Durch Stoβreaktionen leiten sie dann ihre T (Temperatur) auch an andere Gase weiter, oder um es leichter (grob) zu erklären: **sie (die Treibhausgase) reflektieren die von der Erde ausgestrahlten Wärmestrahlung (s. IR) in alle Richtungen (zur Erde) [4] , und darauf folgt eine Erwärmung der ganzen Luft.**
Die Lufthülle um uns herum (Erdatmosphäre) wirkt wie das Glasdach eines Gewächshauses[3,7]. Und da man ein Gewächshaus auch noch Treibhaus nennen kann, nennt man diesen Effekt Treibhauseffekt. [1,10]

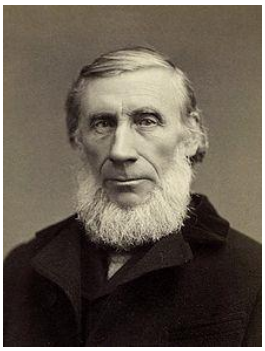
„So wie ein Staudamm ein lokales Anschwellen eines Flusses bedeutet, so erzeugt unsere Atmosphäre, die als Barriere für die von der Erde kommende Strahlung wirkt, einen Anstieg der Temperaturen an der Erdoberfläche!“ John Tyndall, Physiker

Box 2

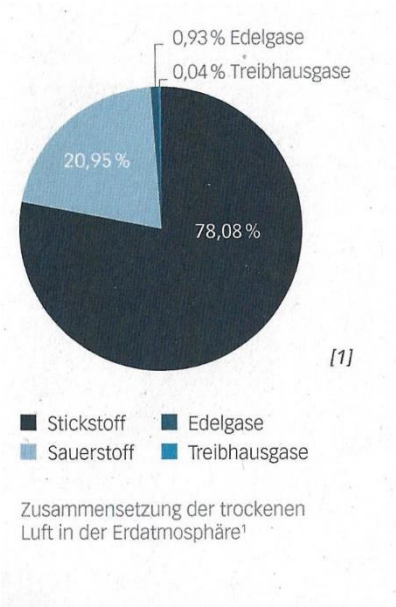


Kapitel 1
Abbildung A2.1 | Bildnachweis: D. Nelles und C. Serrer (2019) Treibhauseffekt mit (unten) und ohne (oben) Treibhausgase

A2.1.1 | Natürliche Treibhausgase

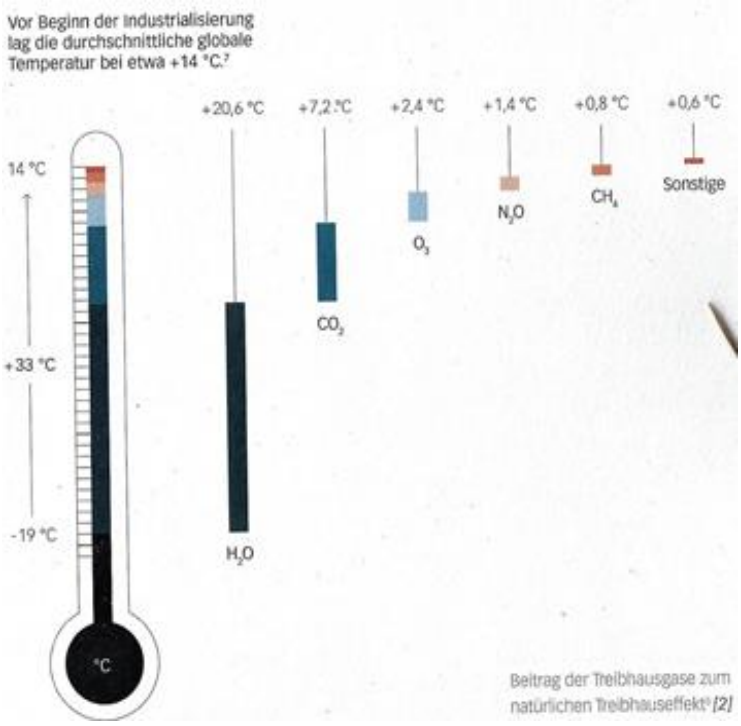


Doch ein gewisser **John Tyndall** [rechts], ein irischer Physiker, der es sich zur Gewohnheit gemacht hat, das Unmögliche auszuprobieren, griff ein paar Jahrzehnte später wieder auf Fouriers Erkenntnisse zurück. Tyndall war neben dem Beruf als Wissenschaftler auch ein begeisterter Bergsteiger: er wollte als Erster den Matterhorn bezwingen, der nach der Meinung seiner Zeit „unbezwingbar“ war, was ihm leider nicht gelang. Dagegen war er Erstbesteiger des benachbarten Berges Weiβhorn. Er identifiziert als Erster die Gase, die sich sein französischer Kollege vorgenommen hatte, sie aber noch nicht benannt hat.
Am 18.Mai 1859, einem Mittwoch, notierte Tyndall in seinem Tagebuch: „Habe den ganzen Tag experimentiert, und die Sache nun im Griff!“ (5,208)



Und Tyndall wird tatsächlich fündig: **Wasserdampf (H_2O) hat den größten Anteil am Treibhauseffekt, aber auch die Gase Kohlendioxid (CO_2), Ozon (O_2), Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4)** sind nicht unwesentlich und lassen die einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung fast ungehindert passieren. (1,3,5,8). [1] [2].

Die trockene, wasserdampffreie Luft besteht hauptsächlich aus Stickstoff und Sauerstoff.
Die sog. Treibhausgase sind nur Spurengase, dh. Sie kommen nur in geringen Konzentrationen vor, spielen aber eine genau so wichtige Rolle wie die vorher genannten.



Kap. 1 A2.1.1
Abb. 1

Da ist es selbstverständlich, dass ein Anstieg dieser Treibhausgase, wie zB. Des CO_2, verursachen könnte, dass sich die Erde erwärmt.
Könnte es sein, dass wir in der Lage sind, die Zusammensetzung der Atmosphäre zu verändern?!
Wir könnten gravierende Veränderungen in das Gemisch der Atmosphäre führen.
Das hatte sogar schon Fourier (1768–1830) geahnt. Der Mensch, schreibt schon Alexander von Humboldt 1843, verändere das Klima „durch Fällen der Wälder, durch Veränderung in

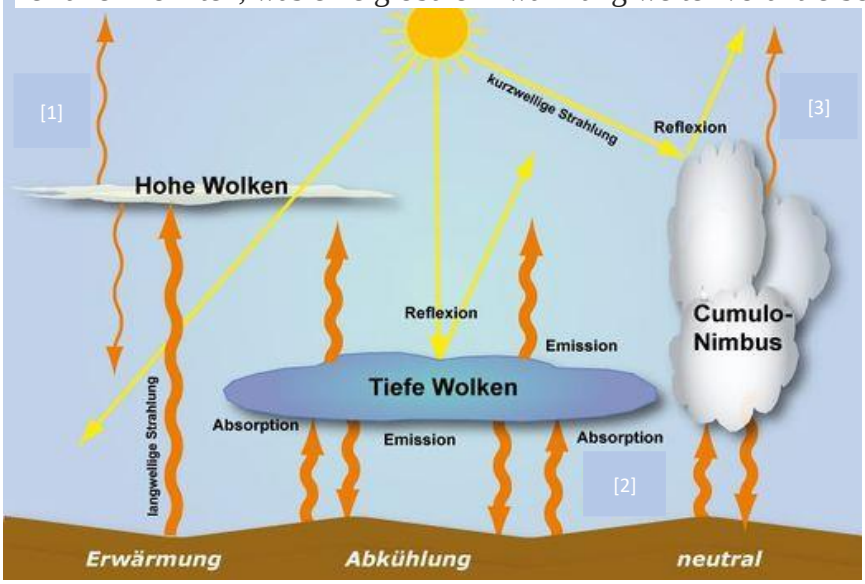
der Verteilung der Gewässer und durch die Entwicklung großer Dampf- und Gasmassen an den Mittelpunkten der Industrie.“ Damit war dieser Mensch seiner Zeit weit voraus.
Tyndall schwant Böses. Denn wenn die Industrialisierung immer weiter fortschreitet, und immer weitere Schornsteine in den Himmel schieβen und wir Menschen immer weiter nach Kohle, Erdöl, Erdgas und anderen Ressourcen der Erde graben und so Treibhausgase in die Luft pusten, könnte das dramatische Folgen haben: die Erde heizt sich auf, bis zu dem Moment, an dem wir die Erwärmung nicht mehr stoppen können. Das würde bedeuten, dass die Erde auf die Apokalypse zurast, und dass sie sogar johlend Gas gibt.[5,8]
Doch man nimmt wie üblich solch düsteres Sinnieren nicht so ernst, wie man sie nehmen sollte, weil es wie bei Fourier wegen der noch etwas primitiven Meteorologie unmöglich ist, seine Theorien zu beweisen, und seine Arbeitskollegen eine folgenschwere Erwärmung für unmöglich halten.
Glücklicherweise ertränkt die Flut der Vergessenheit Tyndalls Theorien nicht so schnell wie Fourier, und ein Gespenst geht um in Europa - das Gespenst des Klimawandels - noch blass und lautlos wie ein Schatten in der Nacht, gehetzt von der neuen Industrie.

ARRHENIUS, 1859-1927

Da nun Fourier und Tyndall das Fundament schon gelegt haben, greift kurz darauf schon der Physiker Svante Arrhenius auf Tyndalls Erkenntnisse zurück und baut auf dem Fundament die Mauern, indem er die Erwärmung durch eine etwaige Verdopplung des atmosphärischen CO_2 errechnet und somit Tyndalls Theorie, dass sich die Erde aufheizt, bestätigt, trotzdem aber Tyndalls These wiederlegt, dass diese Erwärmung dramatische Auswirkung haben könnte, und meint, anders als sein Vorgänger, dass eine Verdopplung der CO_2konzentration in der Atmosphäre erst in 3000 Jahren zustande kommen kann.
Das ist also geklärt. Wir können also weiter, wie gewohnt, Treibhausgase ausstoβen, ohne dass uns dabei schlecht zu fühlen. Das war alles nur falscher Alarm, Panikschlägerei.

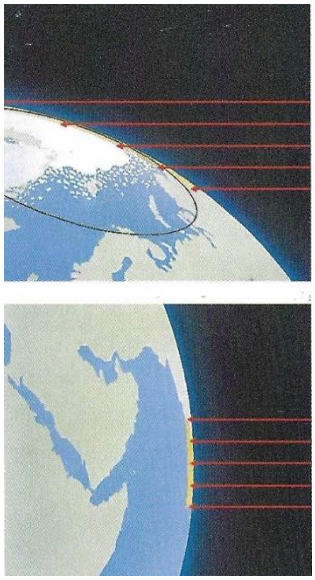
A3 | Wolken oder Bewölkung

Hohe Eiswolken (Zirren (Ci)), also solche, die sich bei der Morgen- und Abenddämmerung purpurn und rosa färben, wirken generell wärmend, da sie wegen ihrer Kälte nur wenig ins All reflektieren, aber viel Wärmestrahlung (Infrarot) zur Erde zurückschicken[3,4,25,200].[1]
Im Gegensatz wirken dicke, niedrige Wolken (LC - Low Clouds) kühlend, da sie ähnlich warm sind wie die Erdoberfläche, und daher auch die entsprechende Menge an Wärmestrahlung ins All abgeben[3,25,200].[2] [3] Der Einfluss der Bewölkung auf das globale Klima ist eher erwärmend[204]. Eine 2019 veröffentlichte Simulation deutet darauf hin, dass bei einer CO_2-Konzentration über 1.200 ppm Sc (Siehe Abkverz.) in verstreute Wolken zerfallen könnten, was eine globale Erwärmung weiter vorantreiben würde.[203]



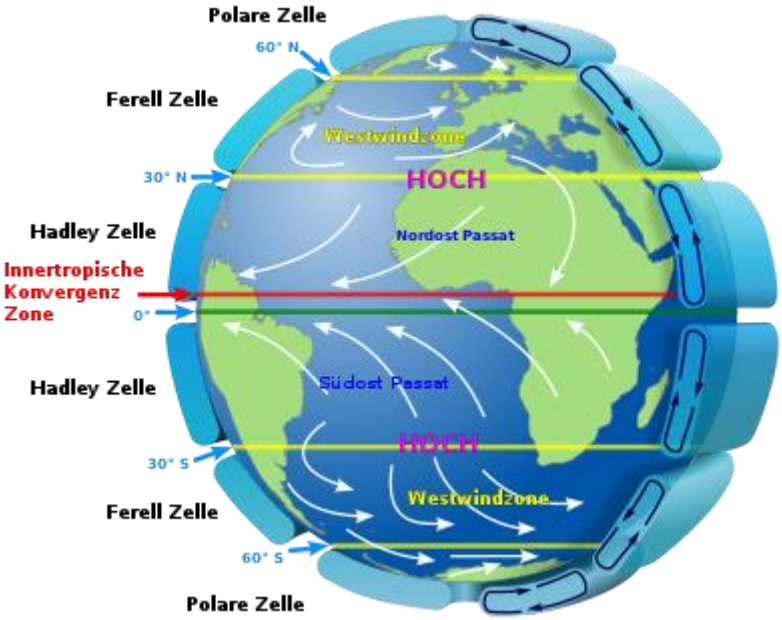
Kap. 1 A3Abb.1 | Quelle : https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/upload/Wolken_und_Strahlung.jpg

Kap. 1 A4 Abb. 1 | Winkel der Sonneneinstrahung und Klima
Bildnachweis : Eberhard Reimann, Was ist Was, Band 125, Seite 18. Klima.Von Prof. Dr. W. & Chr.



A4 | Klimazonen Jahreszeiten und Globale Zirkulation

Das Wort Klima kommt vom altgriesch. "*klima"*, das bedeutet „Neigung" [4].
Schon die alten Griechen haben beobachtet, dass das Klima von der Neigung des Winkels der Sonneneinstrahlung abhängt. Ist der Winkel der Sonneneinstrahlung zur Erde flach, ist der Wärmungseffekt klein, da sich die Wärme auf größere Flächen verteilen muss. Ist der Winkel der Sonnenstrahlung zur Erde fast senkrecht, ist der Wärmungseffekt kleiner, da die Fläche, die erwärmt werden muss, kleiner ist. [3,4,8]
Ein Großteil der Sonneneinstrahlung wird am Äquator und den angrenzenden Regionen; also dort, wo die Sonne das ganze Jahr fast senkrecht am Himmel steht, absorbiert[8]. Die Pole werden das halbe Jahr lang von den Sonnenstrahlen fast nur gestreift, die andere Hälfte des Jahres stehen sie im Dunkel[8]. Rings um die Erde laufen weitreichende Gebiete, in denen das Klima einheitlich ist.
Man kann drei große Klimazonen unterscheiden: die Tropen mit den Subtropen beiderseits des Äquators, die gemäßigte Zone, in der wir auch leben, und die polare Zone, zu denen auch Süd- und Nordpol gehören.
Auf den **Polen** ist es bitterkalt, hier schneit es viel, und die Weihnachtsbäume müssen hier per Schiff gebracht werden, da es hier zu kalt für diese ist, wie verwirrend das auch sein mag, da dort ja der Weihnachtsmann wohnt. Auch Obst und Gemüse, muss geliefert werden, da der Boden zu kalt und frostig ist, um solche anzupflanzen. [1]
Die **Tropen** reichen vom Äquator bis zum nördlichen bzw. südlichen Wendekreis 23,5° nördl. und südl. Breite. Die meteorologischen und klimatologischen Bedingungen erlauben „Tropischen Regenwald" am Äquator (feuchtadiabatische Entspannung) [114]. Je nach Niederschlagmenge gibt es aber auch Savannen. Die **Subtropen** liegen ungefähr zwischen 25 und 40 Grad nördlicher bzw. südlicher Breite. Hier gibt es Savannen, und in trockenen Gebieten vor allem Wüsten. Zu den Subtropen gehören jedoch auch einige Regionen des Mittelmeerraums.



Kap. 1 A4 Abb. 2 | Earth Global Circulation en.svg: Kaidor derivative work: MikeRum - Diese Datei wurde von diesem Werk abgeleitet: Earth Global Circulation - en.svg:

Die **gemäßigte Zone** reicht ungefähr vom 40. Breitengrad bis zum Polarkreis (66,5° N &S-Seite) Den Norden der gemäßigten Zone nennt man auch „boreale Zone". In dieser Zone herrscht ein sog. „Birkenklima". {Siehe Glossar.} Die Pflanzenwelt ist durch Nadel-, Laub- und Mischwälder geprägt.
Während dem Sommerurlaub auf der „Belscher Plaage" oder der Ostsee kann es auch schon mal ein richtiger frostig schneidender Wind wehen und regnen, ist man dagegen im Süden, ist es oft sehr angenehm heiß und ein richtiges Eis-wetter.

Luft - und Meeresströmung sorgen dafür, dass die Wärme umverteilt wird, und arbeiten also als „Klimaanlage“ [1], sonst würde es im Laufe der Zeit auf den Polen noch kälter werden, und auf dem Äquator würde die Sonne noch ungnädiger brennen.[1,3,4,8,12].

Die Zirkulation im Ozean und in der Atmosphäre, die bei vollständiger Betrachtung stets mit einer dreidimensionalen Zirkulation zu hat, beruht zunächst auf der Bildung von Hoch- und Tiefdruckgebieten, kurz Tiefs und Hochs, die sich im Druck als besonders hoch bzw. Niedrig im Vergleich der angrenzenden Regionen ist.

Der einfachste Enstehungs- Mechanismus solcher sog. Tiefs und Hochs ist die T (Temperatur) des jeweiligen Ortes: ist eine Region nahe an der Erdoberfläche relativ warm gegenüber zu ihrer Umgebung wie zB. die Region bis in den 60. Längengrad, zeichnen sie sich durch einen tieferen Druck aus. Das kommt davon, da sich Luft bei Wärme ja bekanntlich ausdehnt, und so gegenüber ihrer Umgebung eine relativ geringe Dichte hat. Also: Hohe Temperatur, niedrige Dichte, tiefe Temperatur, groβe Dichte [4]. Anstelle einer einzelligen Zirkulation baut sich die global Zirkulation aus jeweils drei Zellen auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre auf[1]. Diese drei Zellen sind

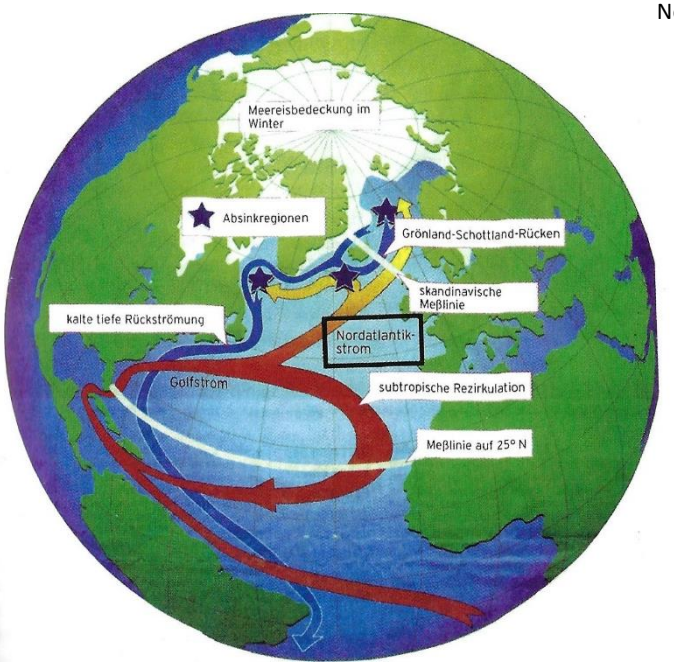
- Die tropische Zelle (auch Hadley – Zelle wegen des Entdeckers)
- die Zelle mittlerer Breiten (auch Ferrell-Zelle)
- (3) die Polarzelle.

Dadurch, dass die Sonne in der Äquatorialregion ständig in Zenitnähe steht (67°–90° Einstrahlungswinkel), erwärmen sich hier die bodennahen Luftmassen am stärksten. Die erwärmte Luft verliert an Dichte, steigt auf und divergiert, wodurch am Erdboden eine ausgeprägte, erdumspannende Tiefdruckrinne (innertropische Konvergenzzone) entsteht, da die bodennahen Luftmassen in das Tiefdruckgebiet angesogen werden [4]. *Mit Divergenz bezeichnet man in der Meteorologie das horizontale Auseinanderflieβen, und mit Konvergenz einen horizontalen Zufluss von Luftmassen.* In der Troposphäre nimmt die Temperatur normalerweise mit der Höhe ab - wenn auch mit einigen Ausnahmen, (wie z.B. Inversionslagen) - um etwa 0,5 bis 0,75 °C pro 100 m. Bei der Divergenz in gewisser Höhe kann die Luft immer weniger Wasserdampf speichern, da warme Luft umso mehr Wasserdampf speichern kann, je wärmer sie ist, und zwar aus dem Grund, dass die sich bei erhöhter Temperatur einstellende Verdunstungsrate zunächst größer als die Kondensationsrate ist, und daher die Anzahl von Wassermolekülen in der Luft ansteigt, bis sich die Luft abkühlt, die Kondensationsrate über die Verdunstungsrate hinaussteigt, und sich Tröpfchen bilden, die sich zu Wolken formen. Daher kommt es am Äquator oft nachmittags, wenn es am wärmsten ist, zu gewaltigen tropischen Gewittern. Ganz anders ist es bei den Abkühlung, wo sich die Luft beim Absinken erwärmt, also die Wasserkapazität erhöht und folglich mit einer Auflösung der Wolkendecke einhergeht; was auch die furchtbare Trockenheit in den Subtropen erklärt. Übrigens kann die Entstehung solcher Tiefs und Hochs oder besser die Verteilung auch rein dynamisch, d.h. in der Höhe, oder genauer gesagt, breitenabhängig in 6 bis 18 km Höhe, Tropopause, zwischen Troposphäre und Stratosphäre, zwei Teilen der Gesamtatmosphäre, verursacht werden. Hier gibt es Starkwindfelder, oder sog. Jetstreams. Sie werden von der Corioliskraft, also der Kraft, die durch die Erdrotation entsteht, die Temperatur und Dichte sowie durch den Luftaustausch in Gang gesetzt. Diese Strahlströme wehen nicht in einer geraden Linie um den Globus, sondern in Wellen (Rossby-Wellen). Macht eine solche Welle des PFJ (Polarfront- Jetstream - zwischen 40° und 60° geographischer Breite oder zwischen warmer Luft mittlerer Breiten und kalter Luft höherer Breiten) einen Bogen nach Norden, zieht sie dynamische Tiefdruckgebiete (Zyklone/sog. Tröge) mit sich Richtung Pol, macht sie einen Bogen nach Süden, bringt sie Schietwetter und Kälte vom Nordpol. Für uns hier in Mitteleuropa sind diese Jetstreams von sehr hoher Bedeutung, weil sie uns ein relativ gemäβigtes Klima bescheren. Diese Wellen haben auch seit jeher die Eigenart, dass sie sich im Sommer verlangsamen, oder sogar an

einem Ort stehen bleiben – sie stabilisieren sich. Die Hoch und Tiefdruckgebiete stehen dann ebenfalls still – und je nachdem, ob man sich unter einer südlichen oder nördlichen Welle befindet, kann es dann für einige Tage lang nur regnen, oder nur heiter Sonnenschein herrschen.

Mit den Meeresströmungen ist es ähnlich:

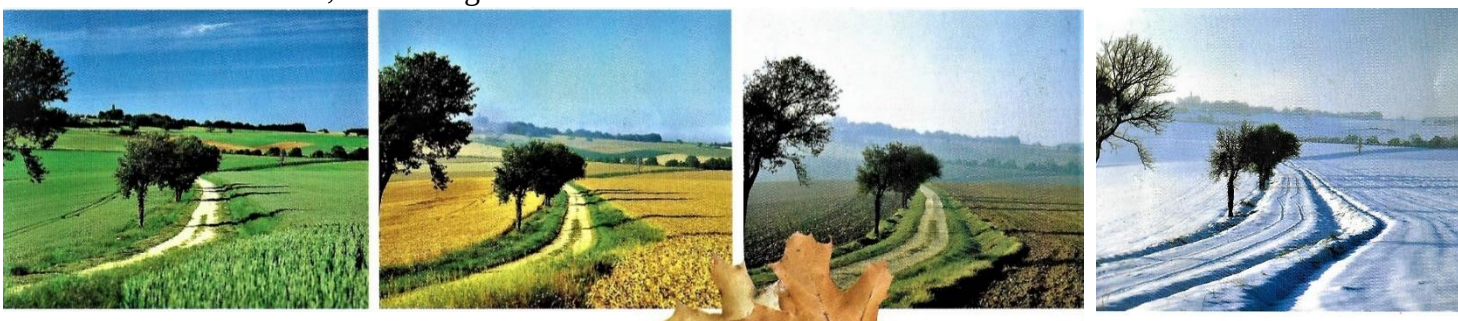
Kap. 1 A4 Abb. 3 | Quelle: Wie viel wärmer ist ein Grad? (illustr.: Stephanie Marian) Kap 1 A4 Abb. 4 [links] : Schema der ozeanischen Zirkulation des Nordatlantiks. Nach SCHÖNWIESE.



Angetrieben werden die Meeresströmungen durch die über die Meeresoberfläche streichenden Winde, die Vermischung der Wassermassen (z.B. durch Gezeiten) und sie sind „thermohalin“ (THC – nach engl. Thermohaline Circulation[154]) d.h. dass das Gewicht, oder besser gesagt die „Dichte“ des Meerwassers nicht nur von der Temperatur, sondern auch von dem Salzgehalt oder der „Salinität“ des Wassers abhängt. Derzeit wird das dichteste Wasser an den Polen erzeugt, und das liegt nicht nur an den eisigen Temperaturen die dort herrschen, sondern auch die Bildung von Meereis spielt hier eine Rolle, denn wenn das Meerwasser gefriert, bleibt das Salz zurück, denn Eis besteht aus reinem Süβwasser. Dadurch wird der Salzgehalt des Wassers erhöht, und das Wasser sinkt wegen dem schweren Salz in die Tiefen des Ozeans, wo sie mithilfe von Tiefenströmungen zurück in die warmen Gebiete gelangen, wo das Wasser wegen der Wärme wieder aufsteigt.

Diese Zirkulation, die atmosphärische- und die ozeanische- bezeichnet man als globales Förderband.

In der gemäβigten Zone kann es regnen, schneien, die Sonne scheinen, doch wie genau die Witterung ist, hängt von den Jahreszeiten ab: FRÜHLING, SOMMER, HERBST und WINTER. Für diese JAHRESZEITEN ist die SONNE verantwortlich: nach Kopernikus umkreist die Erde die Sonne, während diese still steht. In einer leichten Neigung der Erdachse dreht sich der Globus auch um sich selbst. Von März bis September wird die Nordhalbkugel stärker von der Sonne beschirmt, in den übrigen Jahreszeiten die Südhalbkugel. In Australien gibt es vier Jahreszeiten, wie bei uns, nur umgekehrt: sie feiern Weihnachten an dem Strand in Badehose und Bikini, und wohlgebräunt im Schatten.



Kap. 1 A4 Abb5 | Frühling, Sommer, Herbst und Winter – der Wechsel der Jahreszeiten prägt die gemäβigten Breiten. Bildnachweis : Prof. Dr. W.& Chr. Buggisch et al. Klima. Seite 18.

B1: Paläoklimatologie

Anhand von Messungen, Analysen sowie Datenreihen aus sog. Klimaarchiven (Proxydaten) können wir das Klima der erdgeschichtlichen Vergangenheit (des *Paläoklima*) rekonstruieren.

Bei jedem Spaziergang im Wald triff man Klimazeugen, die uns das Klima von den vergangenen Jahren zeigt! Hier die wichtigsten:

Dendroklimatologie [4,18]**:** An gefällten Bäumen kann man die Jahresringe zählen, und so herausfinden wie alt der Baum ist. Aber die Ringe verraten noch mehr:

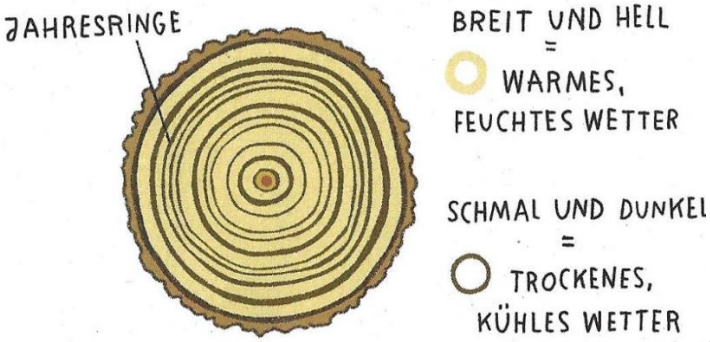


Abb. 9 Quelle: C-S. Schreiber (2019)

Sie verraten das Klima zur Zeit ihres Lebens herrschte: Im Frühling wachsen die Bäume am stärksten, Sommer bis zum bacchantischen Herbst dann immer weniger bis sie im Winter eine Wachstumspause machen.

In diesem Wechsel entstehen die Jahresringe.

Kap. 1 Abb.2 B1 | Quelle: C-S Schreiber (2019)

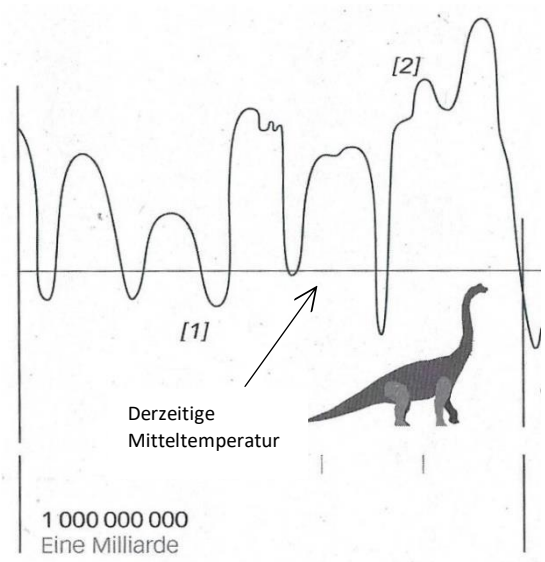
Das Alter eines Baumes liegt sehr grob gesehen unter 100 und 1 000 Jahren, jedoch bei "Aneinanderhängen" von diesen Baumringchronologien mit erhaltenen Holzbauten aus früherer Zeit (zB. Aus Mooren) reicht diese Messung auf etwa 10 000 Jahre zurück. [4]

Neben den Bäumen verraten auch noch **Tropfsteine** in schaurigen Höhlen etwas von dem Klima vergangener Jahre: Tropfsteine entstehen, wenn mit Kohlenstoffdioxid angereichertes Wasser (zum Beispiel Regen oder Schmelzwasser), in Kalkgebirgen, mithilfe von CO_2, das Kalk ablöst und absickert. Durch jahrtausendelanges Tropfen entstehen Tropfsteine durch das Verdunsten des Wassers, indem nur noch das Kalk dableibt und sich ablagert. Das Verhältnis der Sauerstoffisotope im Tropfsteinkalk, die Dicke der Wachstumslagen und Anteile einiger Spurenelemente stellen zusammen einen zuverlässigen, auf Jahrzehnte genauen Klimakalender, der auch abrupte und kurzzeitige Umschwünge wie die Dansgaard-Oeschger-Ereignisse {Siehe: S.20}der letzten Eiszeit verzeichnet.

Eisbohrungen[4,89] **:** Eine der wichtigsten paläoklimatologischen Rekonstruktionsmittel sind die Bohrungen im polaren Eis. Eis in Kalaallit Nunaat, das „Land der Kalaallit", wie

Grönland von den Inuit genannt wird[175], und in der Antarktis entstand durch Schneefälle, die sich über Millionen von Jahren ansammelten und manchmal sogar deutlich sehbare Jahresschichten bildeten (Quelccaya-Eiskappe, Peru). Je tiefer die Schicht liegt, je älter ist sie. Die in der Antarktis gewonnenen Eiskerne haben paläoklimatische Aufzeichnungen geliefert, die mehr als 800 000 Klimageschichte abdecken[173]. Der bisher älteste Eisbohrkern ist 900 000 Jahren alt.[177] Die Forscher analysieren ihren Eiskern und können durch die Zusammensetzung der Luftbläschen erkennen wie das Klima und die Sonnenaktivität [Siehe:Kap.1 B2.2] war, durch Gaseinschlüsse im Eis den früheren Gehalt der Atmosphäre an CO_2 und CH_4(Methan), durch die Dicke der verschiedenen Eisschichten über den Niederschlag und weiter können Staub- und Ascheschichten (VA) die im Eis eingefangen sind, auf Vulkanausbrüche hinweisen, welche auch einen Einfluss auf das Klima haben[Siehe: B2.3]Man kann sogar, durch das sog. Kohlenstoffisotope, feststellen, ob das Kohlendioxid natürlich oder anthropogen ist.{Vgl.: Kap.1 Nr.2} Nebenbei gibt es auch einige **mineralogische Phänomene**, d.h. mit Mineralien wie mit den sog. Bodenschätzen (zb. Salz, Kohle): Viel Salz weist auf ein warm-trockenes-, reiches Kohlevorkommen auf ein feucht-warmes Klima hin[4]. Allerdings fehlen hier die nötigen Altersbestimmungen, doch da die ältesten klimatologisch nützlichen Sedimente (eine durch Ablagerung von Stoffen entstandenes Gestein) ca.3,8 Mio. Jahre alt sind, ist das die weitreichendste Methode der Paläoklimatologie[4,15].

B2: Paläoklima (seit Entstehung der Erde)

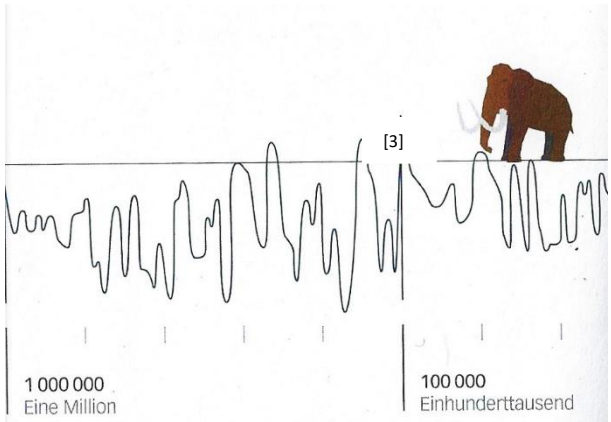


[1]**Seit dem Ursprung der Erde vor etwa 4,6 Milliarden Jahren hat sich das Klima in unregelmäßigen Abständen immer wieder geändert, es gab warme und kalte, trockene und feuchte Perioden.**

Nach astrophysikalischen Vorstellungen ist das Universum samt allen Galaxien, darunter der Milchstraße vor rund 13,7 Milliarden Jahren durch den rätselhaften Urknall entstanden[4,13]. Die Erde entstand vor rund 4,6 Jahren (4,566 Mrd. J.).

[2]In den Milliarden von Jahren der Entstehung gab es mehrere Veränderungen in Bezug auf Klima, Luft, Atmos- sowie Lithos- und Biossphäre.

Als die Dinosaurier zB. lebten, war es im Durschnitt noch viel, viel wärmer als heute. Paläobotanische Daten weisen auf eine Ausbreitung tropischer Regenwälder nördlich der aktuellen Baumgrenze hin. So war etwa das Festland am Südpol einmal Tropengebiet, sonst fände man heute dort weder Erdöl noch Kohlenlager, die es wert wären, abgebaut zu werden[71]. Darüber hinaus entdeckte man durch fossile Pollen aus Nordafrika, dass die Sahara-Wüste fast vollständig von Gräsern und Sträuchern bedeckt sein musste [23,74]. (Die Entstehung der Sahara löste zwischen 3000 und 1000 v. Chr. eine Wanderung von Bantu aus West- bis ins südliche Afrika aus[216]) Doch, *surprise, surprise:* das Klima war damals gar nicht so



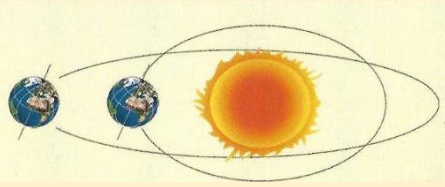
[1 & 2] Kapitel1 B2 Abb. 1 | Bildquellennachweis : D. Nelles, C. Serrer (2018) vgl. Quellenverzeichnis (3)
[3] Kapitel 1 B2 Abbildung 2 | Bildquellennachweis : D. Nelles, C. Serrer (2018)

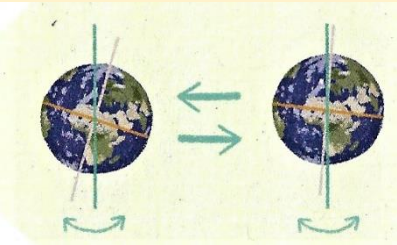
stabil wie erwartet! Ganz im Gegenteil: im Verlauf der Erdgeschichte glich das Klima einer Achterbahnfahrt [223]. Das erweisen die Eisbohrkerne von dem Paläoklimatologen Dansgaard von der Uni Kopenhagen, der sich 1964 in die Antarktis reist, um dort durch Eisbohrungen das Klima von früher zu rekonstruieren. Als er das lange Ding untersuchte- ganze 1 390 m- wurde er überrascht: die Temperaturen schwankten gewaltig von warm auf kalt. Teilweise sogar so krass, dass die Durchschnittstemperatur binnen weniger Jahrzehnte bis zu zehn Grad zu- oder abnahm[175]. Diesen rasanten Klimaschwankungen benannte man nach ihren beiden Entdeckern Dansgaard und seinem Schweizer Kollegen Hans Oeschger (der dies durch die Konzentration klimarelevanter Spurengase ergänzte) „Dansgaard-Oeschger-Ereignisse. " Die Entwicklung des Lebens wurde durch Eiszeitalter, die im Lauf der Erdgeschichte mehrfach auftraten, gefährdet. Vor etwa 2,2 Mrd. Jahren wird die erste Vereisungsphase angenommen. Vor etwa 700 Mio. Jahren kam es zum nächsten Eiszeitalter, in der die Temperaturen auf -40°C gesunken sein sollen, und alle Weltmeere zum Gefrieren gebracht haben sollen [3,4,15]. Dieses Eiszeitalter, auch noch „snowball-earth" genannt, wurde durch die geringe Kohlendioxidkonzentration in der Erdatmosphäre; verstärkt durch die Eis-Albedo-Rückkopplung{Siehe: Seite 35} , ausgelöst [3,4,15,242]. Erst nach Millionen von Jahren findet man in fossilen Nachweisen Spuren höherer Wesen [4,15]. An der **Perm-Trias-Grenze**[2] ereignete sich das größte bekannte Massensterben der Erdgeschichte (-90%) infolge von einem großen Ausstoß an Methan, Kohlendioxid, Fluor, Chlorwasserstoff und Schwefeldioxid durch Megavulkanismus.[3,4,14,15] Darauf folgten mehrere Eiszeiten, mit vielen extremen Wankungen, doch das Klima war im allgemeinen schon ein wenig stabiler[3].

B2.1 | MILANKOVITCH - ZYKLEN[3]

Dass sich das Klima geändert hat, ist ganz natürlich [frei zitiert:1]. **Diese Veränderungen führen auf die interplanetarischen und Sonneneinflüsse zurück.**

1) Für die langsamen Veränderungen ist eine der möglichen Erklärungen dafür, dass die Bahn, auf der die Erde um die Sonne kreist (Orbit), nicht haargenau gleichbleibt (Änderungen der Exzentrizität,). Im Laufe der Zeit verändert sie sich kaum merklich: sie kann kreisförmig verlaufen, oder elliptisch (einem Ei ähnelnd, heute der Fall). [1] Bei Ellipsenförmig sind die Temperaturunterschiede zwischen den Jahreszeiten deutlicher ausgeprägt.

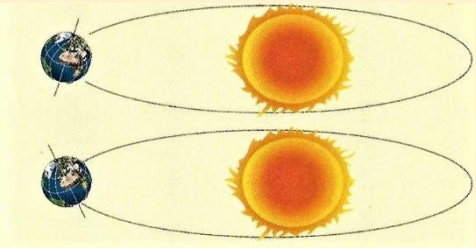




2) Auch die Neigung der Erdachse (Orbitalparameter) gegenüber der Umlaufbahn (Ekliptik)kann schwanken und so zu Klimaveränderungen führen. [1] Die Neigung der Erdachse gegen ihre Umlaufbahn pendelt zwischen 22 und 24,5 Grad. Je steiler die Erdachse steht, je geringer sind die jahreszeitlichen Unterschiede. Heute beträgt sie 23°27' und nimmt ab. [4] Alle 95 000 Jahre wird die geringste, bzw. höchste Neigung erreicht.

3) Schließlich taumelt die Erdachse wie ein Kreisel, der nicht senkrecht auf dem Boden steht, (Präzession/Nutation der Erdachse). Dadurch verteilt sich die Sonnenstrahlung unterschiedlich auf der Erde.

→ ***Doch jene drei Änderungen dauern so lange, dass sie für uns kaum merklich sind. Die Effekte führen zu periodischen Klimaänderungen über grob alle 20 000, 41 000, 95 000 und 400 000 Jahre.***



[3] Kapitel 1 B2.1 Abb. 1 | Grafik der Erdumlaufbahn um die Sonne in Ellipsenform und kreisförmig. Bildnachweis : Nach Prof. Dr. W. & Chr. Buggisch et al. (2008).
Kapitel 1 B2.1 Abb. 2 | Neigung der Erdachse. Nach Kristina Scharmacher-Schreiber u. Stephanie Marian (2019)
Kapitel 1 B2.1 Abb. 3 | Präzession. Nach Prof. Dr. W. & Chr. Buggisch et al. (2008).

Die Milancović -Zyklen (sprich: Melankovitch) sind benannt nach dem serbischen Mathematiker Milutin Milancović (1879-1958)

B2.2 | Sonnenflecken

Die Leistungsdichte der Sonneneinstrahlung (total solar irradiance, TSI) ist ein Maß für die Gesamtenergie, die von der Sonne am oberen Rand der Atmosphäre ankommt. Höhere TSI-Werte werden aufgezeichnet, wenn die Sonne aktiver ist. In Zeiten verstärkter Sonnenaktivität (Stärke der Sonnenstrahlung – bei einer unruhigen Sonne) zeigen sich auf der sichtbaren Sonnenoberfläche (der Photosphäre – wo Temperaturen von rund 600 000°C herrschen) relativ viele Dunkelflächen, oder sog. Sonnenflecken, die dortige Kältegebiete zeigen[(4)]. Doch im Sonnenfleckenmaximum kann man neben diesen Sonnenflecken auch viele sog. Sonnenfackeln (Protuberanzen = Materie - und Energieausbrüche – „Öffnungen im wallenden Lichtmeere“ -*Humb.*[(158)]) u.ä. *überkompensiert*, was die etwas stärkere Ausstrahlung der aktiven Sonne erklärt. Mal sind es mehr Sonnenflecken (bis zu *hunderten*), mal sind es weniger: Ihre Anzahl variiert unter einem 11-jährigen Zyklus, den sog. Sonnenfleckenzyklen, bzw., nach SCHWABE auch noch *Schwabezyklen* [(3,4, 134)]. **Der Beitrag der Sonne zu den beobachteten Änderungen des globalen Klimas wird von dem 11-Jahres-Sonnenzyklus dominiert, mit dem aber nur Schwankungen der globalen Temperatur von bis zu 0,1 °C zwischen Minimum und Maximum erklärt werden können**[(113)].

B2.3 | Vulkane und Vulkanismus

Manche Ereignisse können das Klima plötzlich erwärmen oder abkühlen: Vulkanausbrüche können das Klima sowohl erwärmen als auch abkühlen (überwiegend Abkühlung) [(1,3,4,5,8,14)]. Der Vulkanismus kann verschieden auf das Klima auswirken. Bei einem effusiven Ausbruch, dh. durch Ausfließen von Lava; wie zB. In Hawaii, wird zwar viel zerstört, hat aber nur geringen Einfluss auf das Klima [(4,14)].

Große explosive Eruptionen (wie z.B. beim Pinatubo) beeinflussen das Klima, indem sie Schwefeldioxidgas und Aerosole in die obere Atmosphäre (auch Stratosphäre genannt) einspeisen, welche beide die extraterrestrische Sonneneinstrahlung verstärkt streuen, worauf sie wie ein Spiegel für die Sonnenstrahlung wirken (negativen/abkühlenden trahlungsantrieb/RF(*radiactive forcing)).* Schwefeldioxid reagiert ferner auch mit Wasser und bildet dadurch Wolken aus Schwefelsäuretröpfchen (saurem Regen). Diese Wolken reflektieren Sonnenlicht zurück ins All und verhindern so, dass dessen Energie die Erdoberfläche erreicht, was die Erdoberfläche zusammen mit der unteren Atmosphäre von einigen Tagen bis zu einigen Monaten kühlen kann(negativer Strahlungsantrieb).

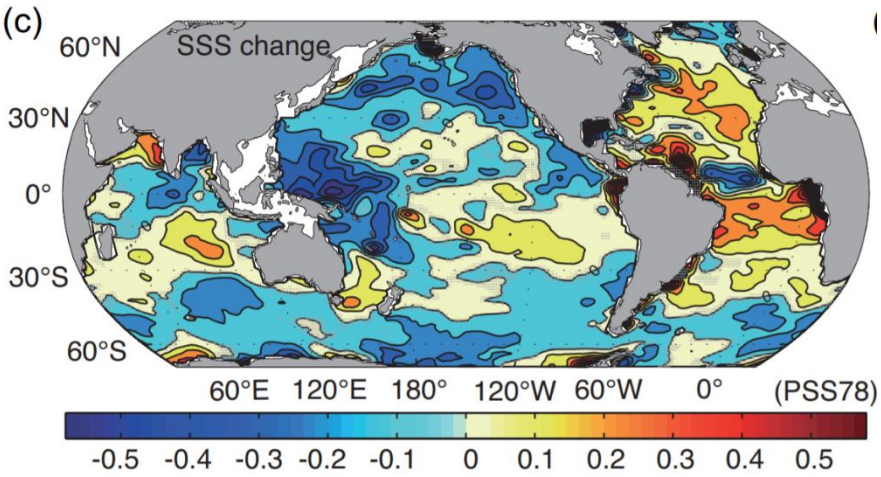
Solche Vulkanausbrüche wirken umso kräftiger auf das Klima aus, je mehr Material in die Stratosphäre eintritt[(4,14,117)]. Diese Schwefelsäurewolken der oberen Atmosphäre absorbieren auch lokal Energie von der Sonne, der Erde und der unteren Atmosphäre, was die obere Atmosphäre (Stratosphäre) erwärmt, jedoch keinen Einfluss auf das Klima der Troposphäre haben.

Doch da beim Ausbruch eines Vulkanen auch Kohlenstoffdioxid (CO_2) freigesetzt wird, kann es, wenn es sehr lange Serien von Vulkanausbrüchen gibt(Jahrtausende bis Jahrmillionen) und das CO_2 nur wenig oder gar nicht von der Biosphäre und dem Ozean aufgenommen wird (z.B. zur Zeit der fast total vereisten Erde vor ca. 700 Mio. Jahren) dass sich jenes in der Atmosphäre anreichert und den Treibhauseffekt verstärkt, und so das Klima beträchtlich erwärmt und mehrere Jahrtausende beeinflussen könnte(positiver Strahlungseffekt(RF)). [(3,4,14)]. In den letzten 650.000 Jahren haben Vulkane jedoch deutlich weniger THGs emittiert als derzeit die Menschheit.

Hinsichtlich einer Abkühlung der Erdoberfläche hat zum Beispiel der Ausbruch des Stratovulkans Tambora (oder Temboro) in Sumbawa (Indonesien) am April 1815, oder des Mt.Pinatubo auf den Philippinen 1991 ; der ca. 20 Millionen Tonnen Schwefeldioxid (SO2) in die Stratosphäre einbrachte, mehrere Jahre nach dem Ausbruch den Sommer gestohlen und den Winter gebracht.[(11,117)]

B2.4 | Veränderung der Ozeanzirkualtion

Die atlantische meridionale Umwälzungsbewegung (Antlantic Meridional Overturning Circulation/ kurz: AMOC), ein Teil des globalen Förderbands der Ozeanzirkulation {siehe: A4Kap I}, transportiert mit dem Golf- und dem Nordatlantikstrom groβe Wärmemengen von den Tropen in den nördlichen Atlantik und trägt somit zum moderaten Klima Europas bei. Die Dichte b.z.w. der Dichteunterschied ist der wesentlichen Antreiber der Zirkulation, die im Ozean termohalin ist – d.h. von Temperatur und Salzgehalt abhängt. **Sinkt (also) wegen des starken Schmelz- und Süβwasserzuflusses die Dichte des Ozeanwassers[4], deutlich ab, so kann das im extremen Fall zu einer Blockade des Absinkens des Meerwassers an den in Kap. 1 A4 Abb. 3 markierten Regionen kommen. Vertikales Mischen bringt normalerweise wärmeres Wasser an die Oberfläche, wo Wärme an die Atmosphäre und den Raum abgegeben wird.(251) Durch erhöhte Schichtung durch Süβwasserinjektion würde das die fortschreitende Erwärmung in Europa (insbesondere auf den britischen Inseln und Skandinavien, da dort die Absinkstelle ist) abschwächen, würde aber auch mehr Stürme, starke Regengüsse und Winde über Europa hervorrufen.**



Die 58-jährige (2008 minus 1950) Änderung des Salzgehalts der Meeresoberfläche, abgeleitet aus dem linearen Trend (PSS78). Bildnachweis: IPCC, WG1, AR5 (2013)

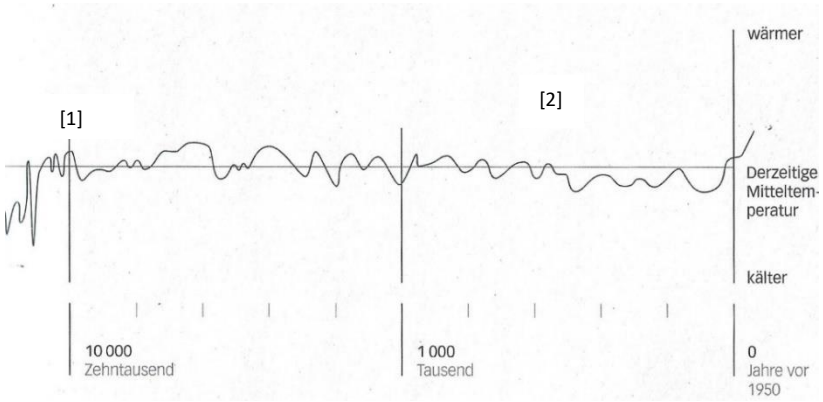
B3 | Das Klima im Holozän

Definition:

GEOLOGIE

jüngere Abteilung des Quartärs, die vom Ende des pleistozänen Eiszeitalters bis zur Gegenwart reicht; Nacheiszeit (Quelle :https://www.duden.de/rechtschreibung/Holozaen).-

→ Auch wir leben noch im Holozän(85



Kap. 1 B3 Abb.1| Quelle : Kleine Gase – Große Wirkung. Der Klimawandel (illustr :Stefan Kraiss) nach Schönwiese

Im Holozän hat sich das Klima so gut stabilisiert, um die Entstehung der modernen Gesellschaft zu erlauben[1](174).

Vor rund 400 Jahren, im 17. Jahrhundert, während dem dreiβigjährigen Krieg kühlte sich das Klima fürs letzte Mal wieder einmal richtig ab[2]. Das Konzept der Eiszeiten ist erst seit dem 19. Jh. bekannt bezeichnen Klimaforscher diese Zeit als „Kleine Eiszeit“*(Little Ice Age (LIA)).*

„Die kleine Eiszeit war eine Zeit irregulärer Klimaänderungen, die wie eine Wippe auf und ab verliefen“{Fagan, 2001} , verursacht durch erhöhten Vulkanismus, verminderte Sonnenaktivität(sog. Maunder-Minimum) und anderen komplexen heute noch kaum

[4] Die Salinität kann mit Hilfe eines Salinometers bestimmt werden. Dabei wird ausgenutzt, dass die elektrische Leitfähigkeit (=physikalische Größe, die angibt, wie stark die Fähigkeit eines Stoffes ist, den elektrischen Strom zu leiten.) des Wassers proportional zum Salzgehalt ist. Die heute verwendete Practical Salinity Scale (PSS-78) beruht auf der Proportionalität von Salzgehalt und elektrolytischer und ist dimensionslos.

erforschten Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre. In den Alpen waren die Gletscher auf dem Vormarsch und verschlangen Bauernhöfe und vergruben ganze Dörfer unter ihrer Masse. Die Themse und viele Flüsse in den Niederlanden froren regelmäßig meterdick ab und man hielt Feste und Jahrmärkte auf dem gewaltigen Eis. 1622 fror sogar das goldene Horn und ein Teil des Bosporus in Istanbul, Türkei zu.1658 marschierte eine schwedische Armee über den gefrorenen Öresund und nahm Kopenhagen ein. Die Ostsee fror im Winter ganz zu und man konnte Schweden von Polen aus mit dem Schlitten über das Meereis erreichen, ohne, dass es dabei an Bewirtschaftung fehlen würde, da man Wirtshäuser auf dem Eis eingerichtet hatte. Das mit Packeis umpackte Island, das man nun zu Fuß über den Atlantik und den Ärmelkanal erreichen konnte, war für Schiffe unerreichbar.

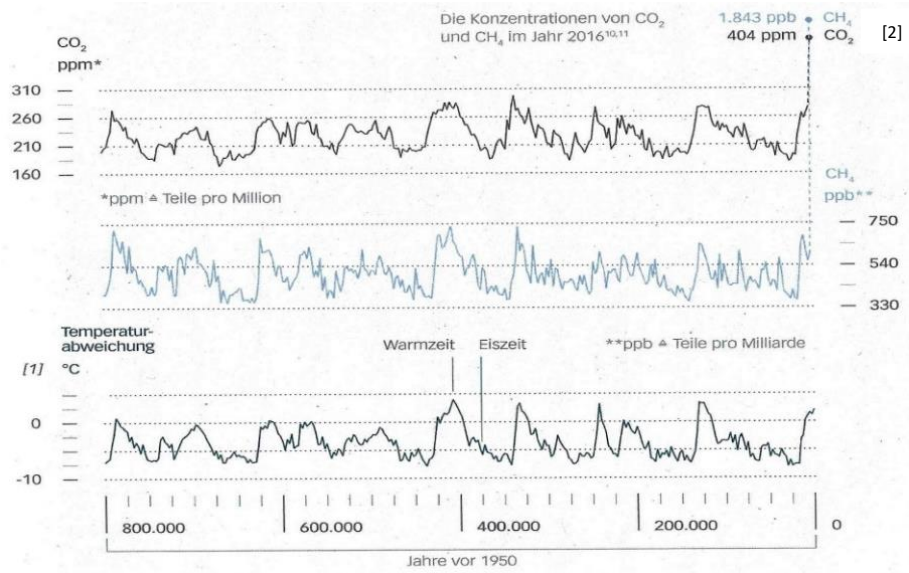
B4 | Eine neue Epoche: das Anthropozän (das Kapitalozän)

Die THG- Konzentration in der Atmosphäre ist konsistent mit der Temperatur. Die Konzentration von Treibhausgasen, insbesondere von Kohlendioxid, haben Werte erreicht, wie sie seit min. 800 000 noch nicht gesehen wurden. Der mittlere Anstieg der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Troposphäre sind konsistent mit den anthropogenen Emissionen, die auf der Erde gemessen wurden.

Der Punkt, der den Beginn des Anthropozäns definiert, ist umstritten. Einige Forscher schlagen vor, es während des Pleistozäns, vor bis zu rund 50 000 Jahren, beginnen zu lassen, als die Menschen das Aussterben großer Säugetiere der Eiszeit verursachten. Andere meinen, dass der Beginn mit dem Aufstieg der Landwirtschaft zusammen in einen Topf fällt. Es gibt auch gute Gründe, die industrielle Revolution als den Beginn der neuen Epoche anzusehen, denn hier fing die „große Beschleunigung“ in Großbritannien, um Birmingham und London an, verbreitete sich auf Europa und später auf andere Länder einschließlich der USA.

Das Neoklima ist die genaueste Informationsquelle der Klimaforschung, darum wird in der englischsprachigen Literatur oft von „Instrumental Period“ gesprochen. Die am längste an einer Station (in einer Region) erfasste Messdaten ist die CET („Central England Temperature“) seit 1659[190]. Daten in globaler Abdeckung gab es erst seit 1850[4]. So konnte Guy Stewart Callendar erstmals 1938 wieder eine globale Erwärmung nachweisen indem er ungefähr 200 Messstationen miteinander verglich[5,208]. Doch der Wandel, der Callendar hier beobachtet ist im Gegensatz zu den Schwankungen davor viel ausgeprägter und läuft vor allem viel rascher ab. Aus diesen Gründen fällt einem die „globale Erwärmung“ bereits in *Kap. 1 B3 Abbildung 1* besonders ins Auge.

Später, nämlich im Jahr 1957 unternahm der junge Chemiker Charles David Keeling Messungen zum CO_2-Gehalt der Atmosphäre. Und damit seine Messungen nicht durch Fabrikschlote und Auspuffe verfälscht werden, unternimmt er diese Messungen auf dem Mauna Loa, in Hawaii. Nach einer jahrzehntelanger Datensammlung fasst er seine Messungen in einer Grafik ab, die fortan als Keeling Kurve bekannt wird [Siehe Kap.1 B4 Abb. 2]. (Noch mehr zur Geschichte der Klimaforschung finden sie im Quellenverzeichnis, *Referenz 208*)



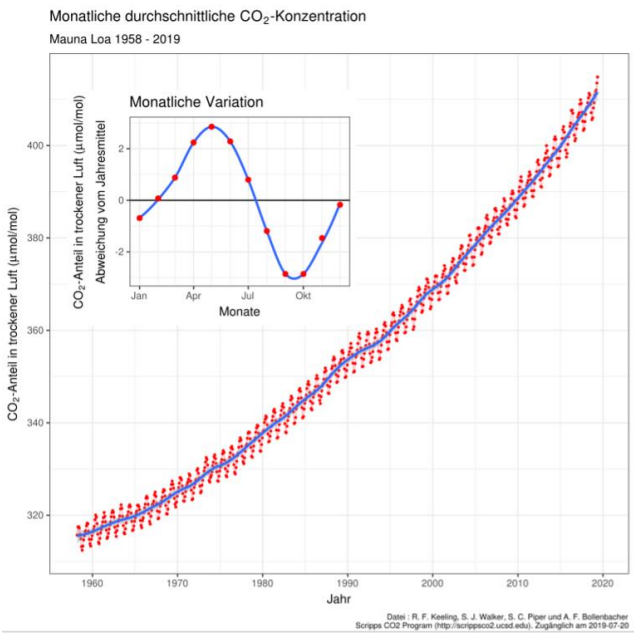
Seine Messungen zeigen, dass Arrhenius falsch lag. Die CO^2 Konzentration der Atmosphäre ist viel schneller gestiegen als am Anfang des Jahrhunderts vermutet. Produktion und Verbrauch von Kohle, Öl und Erdgas setzen CO_2, CH_4 u. A. Gase in die Atmosphäre frei. Die Entwicklung des Erdklimas wurde eingehend untersucht und ein starker Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Oberflächentemperaturen und

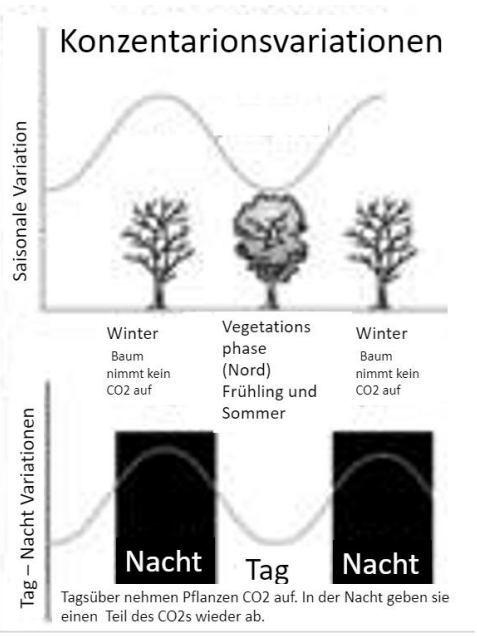
Kap. 1 B4 Abb. 1 | (Nahezu) paralleler Verlauf der Temperatur in der Antarktis und der Konzentration der Treibhausgase in den vergangenen 800 000 Jahren. Quelle: Kleine Gase – Große Wirkung. Der Klimawandel Nelles, D., C. Serrer (illustr.: Kraiss, S.)

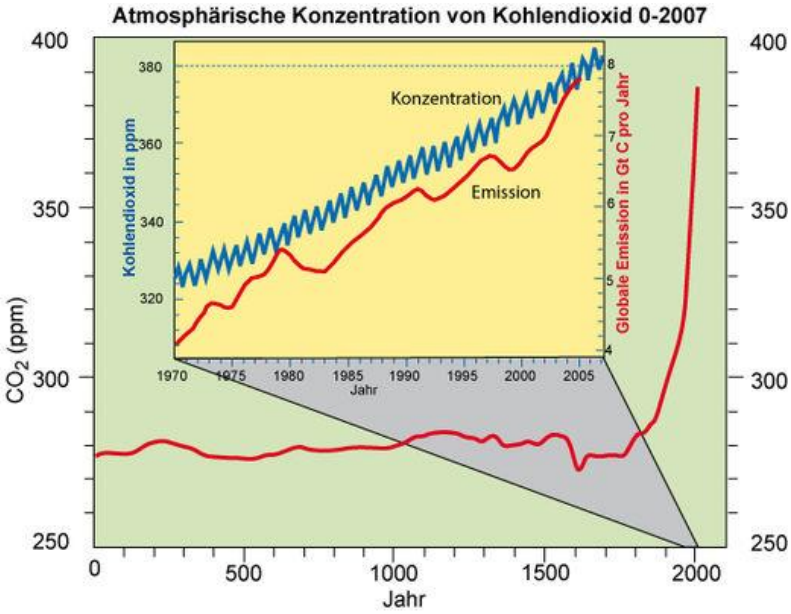
den THGs hergestellt, trotz den vielen natürlichen Einflüsse auf das Klima[1] [Kap.1.B4.Abb.3]. Bei genauerer Betrachtung stellt man jedoch fest, « dass ein Anstieg beim CO^2 einem T- Anstieg nicht vorausging, sondern diesem tatsächlich zwischen 200 & 1000 Jahren hinterherhinkte(214)». Obwohl dieses Phänomen schon vor mehr als 20 Jahren vorhergesagt wurde (213)führt es bei vielen Menschen noch immer zu Überraschung und Verwirrung. Doch die Wissenschaftler lösen den Schleier des Unwissenden: CO2 hat keine Erwärmung aus vergangenen Eiszeiten ausgelöst, aber die Erwärmung verstärkt(215). Die atmosphärischen Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4 – 1kg davon bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren 28x klimaschädlicher als CO_2 (nach einer neueren Untersuchung beträgt dieser Faktor sogar 33, wenn Wechselw. mit atmosph. Aerosolen berücksichtigt werden(258)) und Lachgas (N_2O – innerhalb des gleichen Zeitfensters 265–298x klimaschädlicher) sind seit 1750 alle aufgrund von Aktivitäten des Menschen angestiegen. Dass „Kohlendioxid (CO2) kein Schadstoff sei, sondern ein „unverzichtbarer Bestandteil allen Lebens. » stimmt trotz dem höheren GWP (Global warming potential = Strahlungsantrieb) der anderen Gase nicht. Methan zählt z.B. zu der Gruppe der kurzlebigen klimawirksamen Schadstoffe (Short-lived climate pollutants, SLCP), während Kohlendioxid ein langlebiges Treibhausgas (LLGG-long-lived greenhouse gase) ist. CH_4 wirkt über einen kurzen Zeitraum sehr stark erwärmend, während CO_2 über einen sehr langen Zeitraum zu einer konstanten Erwärmung führt. Je kürzer also der betrachtete Zeitraum ist, desto deutlicher zeigt sich die Wirksamkeit und Bedeutung für den Klimawandel von kurzlebigen Klimaschadstoffen wie Methan. [Kap. 1 Abb.4.B.3]. Im Jahr 2011 betrugen die Konzentrationen dieser Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan, Lachgas) 391 ppm, 1803 ppb, bzw. 324 ppb und übertrafen die vorindustriellen[5] Werte um ca. 40%, 150% bzw. 20%(117). Die Konzentrationen von CO_2, CH_4 und N_2O übertreffen damit die höchsten in Eisbohrkernen über die letzten 800 000 Jahre gemessenen Konzentrationen erheblich, neuere Daten führen darauf, dass wir solche Konzentrationen in den letzten 20 Millionen Jahren nicht gehabt haben, und möglicherweise sogar in den letzten 65 Millionen Jahren.(49,56,113,117). Die mittleren Geschwindigkeiten des Anstiegs der atmosphärischen Konzentrationen über das letzte Jahrhundert sind mit sehr hohem Vertrauen in den letzten 22 000 Jahren noch nie vorgekommen(117). Während sie in den 1990er Jahren bei nur 1,49 ppm/Jahr lag, betrug sie in den 2000er Jahren an der Messstation Mauna Loa, Hawaii, ca. 2 ppm/Jahr(163) und überschritt 2015 die Marke von 3 ppm jährlich(164) Das letzte Mal, dass die Erde einen derart anhaltenden CO2-Anstieg erlebte, war vor 17.000 bis 11.000 Jahren, als der CO2-Gehalt um 80 ppm anstieg. Die heutige Steigerungsrate ist 200-mal schneller.(165) Der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre lag lange in Gleichgewicht, wie es Eisbohrkernbohrungen zeigen und lagen nie über 315 ppm (parts per Million=Teile pro Million)(3,4,5). Vor der Industrialisierung waren es noch 280 ppm, bei Keelings erster Messung schon 315 ppm.(8) 2005 betrug dieser Wert, gemessen am Mauna Loa Observatorium,- das von Keeling dort gegründet wurde- schon 381(8), 2016 sprengten wir endlich den 400er und jüngste Messungen der NASA am 16. Jan. 2020 weisen bereits 413,08 ppm auf.(2) Die Treibhausgase- Werte der Atmosphäre sind konsistent mit den anthropogenen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen), die seit vorindustriellen Zeiten immer weiter steigen[Siehe: Kap.1.B4.Abb 3](56). Zwischen 1750 und 2011 beliefen sich die kumulativen anthropogenen CO_2-Emissionen, die in die Atmosphäre abgegeben wurden, auf 2.040 ± 310 Gt[6] CO_2(46). Etwa die Hälfte der anthropogenen CO_2-Emissionen zwischen 1750 und 2011 erfolgte in den letzten 40 Jahren. Die Emissionen zwischen 2000 und 2010 waren die höchsten der Geschichte(39). Im Jahr 2010 haben die anthropogenen THG-Emissionen einen Wert von 49 ± 4,5 Gt CO_2Äq pro Jahr erreicht(162). Wir sind der soziale Meteoriteneinschlag!

[5] Der mehrere Jahrhunderte umfassender Zeitraum vor Beginn industrieller Aktivitäten im großen Maßstab um 1750. Der Bezugszeitraum 1850–1900 wird als Annäherung für die vorindustrielle mittlere globale Oberflächentemperatur genutzt

[6] Eine Gigatonne entspricht einer Milliarde (10^9) Tonnen, also einer 1 mit neun Nullen, bzw. einer Billion (10^{12}) Kilogramm.





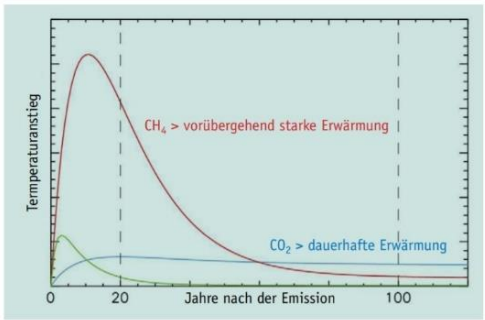


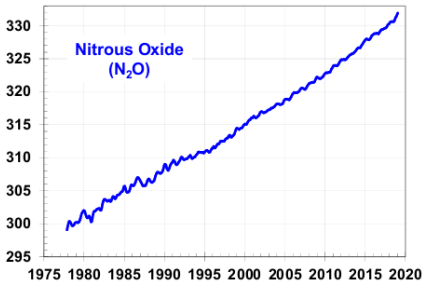
Kapitel 1 B4 Abbildung 2 | Atmosphärische Kohlendioxid (CO2)-Konzentrationen vom Mauna Loa (19°32'N, 155°34'W – rot) und vom Südpol (89°59'S, 24°48'W –blau) seit 1958. Die Kurve zeigt einen charakteristischen, schwankenden Jahresverlauf, der den Vegetationszyklus der Nordhemisphäre (NH) widerspiegelt. Im (Nord-)Frühling und Sommer überwiegt die pflanzliche Aufnahme von CO_2, was sich in einem – abhängig vom Ort der Messung zeitverzögerten – Konzentrationsrückgang zeigt. Im Herbst und Winter gibt die Vegetation netto CO_2 ab, es kommt zu einem Konzentrationsanstieg. Eine weitaus unwichtigere Schwankung ist der Wechsel von Tag auf Nacht.

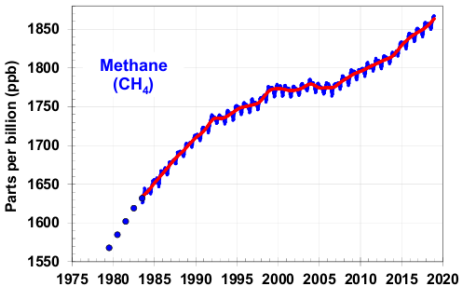
Kapitel 1 B4 Abbildung 3 [links]| Die atmosphärische Konzentration von Kohlendioxid vom Beginn der Zeitrechnung bis zum Jahre 2007. Im eingefügten Kästchen die Konzentrations- und Emissionsentwicklung seit 1970. Bildquellennachweis: https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/ upload/archive/20191125202146!CO2_2007.jpg

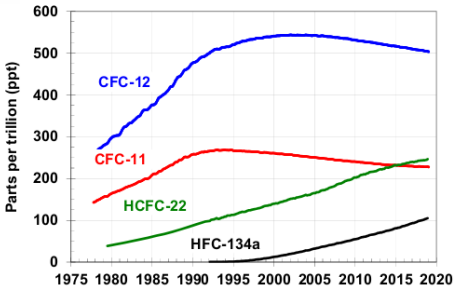
Kapitel 1 Abbildung4.B3 | Klimawirksamkeit von Methan (Darstellung der Deutschen Umwelthilfe eV. (DUH) basierend auf IPCC WG1 (2014)) und die Entwicklung des Anteils von nicht- Kohlendioxid Treibhausgasen in der Erdatmosphäre seit 1978 bzw. 1979

(Bildnachweis : US Govt - NOAA's Annual Greenhouse Gas Index: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.fig2.png)



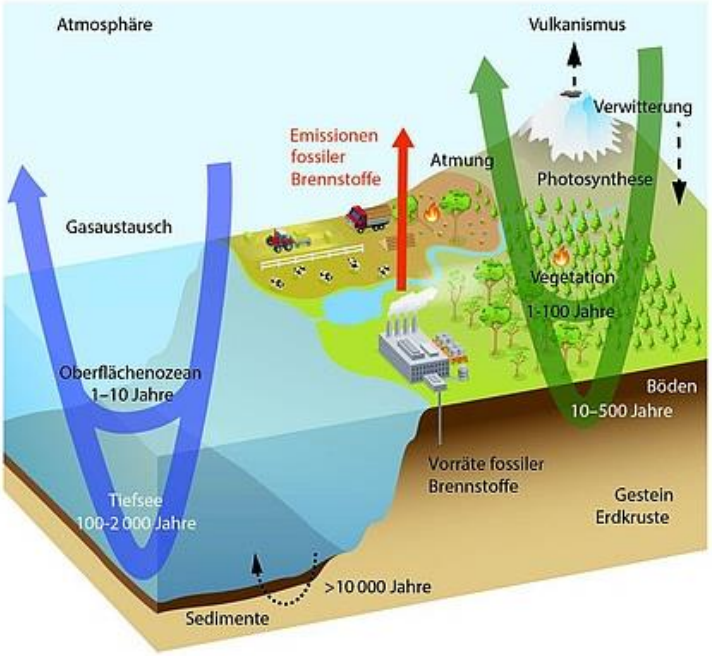






B5 | Der Kohlestoffkreislauf

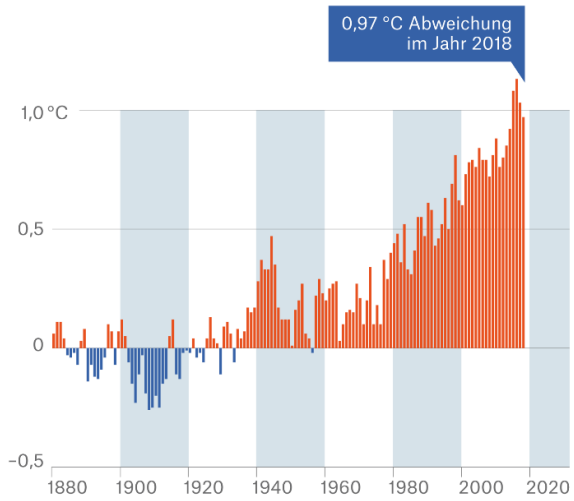
Kohlenstoff (C) ist für das Leben unverzichtbar und in allen Lebewesen enthalten. Dass wir auf Kohlenstoff basierende Lebewesen sind, kann man ja mittlerweile auch in jeder luxemburgischen Turnhalle beobachten und mitriechen… Dieses **Kohlenstoff durchquert alle belebten und unbelebten Systeme wie Gestein, Pflanzen, und Tierkörper, Atmosphäre und Ozeane, unter anderem als Kohlenstoffdioxid (CO_2). Kapitel 1 B5 Abbildung 1 zeigt ein vereinfachtes Schema des globalen Kohlenstoffkreislaufs.** [Bildnachweis : https://www.deutsches-klima konsortium.de/fileadmin/_processed_/3/6/csm_FAQ_6.2_a_446d7426f9.jpg nach IPCC] Außerdem brauchen ja auch Pflanzen Kohlendioxid, um die Fotosynthese zu betreiben. Treibhausgase, die in die Atmosphäre emittiert werden, werden durch chemische Reaktionen mit anderen reaktiven Komponenten abgebaut oder, im Fall von Kohlendioxid (CO_2), mit dem Ozean und dem Land ausgetauscht. Diese Prozesse beeinflussen die Lebensdauer des Gases in der Atmosphäre, die als die Zeit definiert wird, in der sich eine Anfangskonzentration um den Faktor e verringert[113]. Die Verweildauer von Treibhausgasen und Aerosolen in der Atmosphäre variiert stark von Tagen bis zu Jahrtausenden. Aerosole zum Beispiel haben eine Lebensdauer von einigen Wochen, Methan (CH_4) von ungefähr zehn Jahren, Lachgas (N_2O) von ungefähr 100 Jahren und Hexafluorethan (C_2F_6) von circa 10 000 Jahren. Bei CO_2 ist es komplizierter, da es durch vielfache physikalische und biogeochemische Prozesse im Ozean und an Land aus der Atmosphäre entfernt wird, die alle auf unterschiedlichen Zeitskalen ablaufen. Nachdem Kohlendioxid (CO_2) in die Atmosphäre eingebracht wurde, wird es zunächst schnell zwischen der Atmosphäre, dem oberen Ozean und der Vegetation verteilt. Anschließend wird der Kohlenstoff weiterhin zwischen den verschiedenen Reservoirs des globalen Kohlenstoffkreislaufs, wie Böden, dem tieferen Ozean und Gesteinen, ausgetauscht. Manche dieser Austauschprozesse finden sehr langsam statt [*vide supra:* Abbildung]. Je nach Menge des freigesetzten CO2 verbleiben zwischen 15 % und 40 % (heute 880 ± 35 Gt CO_2) bis zu 2000 Jahre lang in der Atmosphäre; danach stellt sich ein neues Gleichgewicht zwischen der Atmosphäre, der Landbiosphäre und dem Ozean ein. Der Ozean hat etwa 30 % des ausgestoßenen anthropogenen CO_2 aufgenommen, was eine Versauerung der Ozeane verursacht hat. Geologische Prozesse werden irgendwo zwischen Zehn- und Hunderttausenden von Jahren und möglicherweise noch länger brauchen, um den Kohlenstoff weiter in den geologischen Speichern umzuverteilen. Die Universität von Chicago hat berechnet, dass 10% der CO_2 -Menge, die wir Menschen zusätzlich in die Atmosphäre eingebracht haben, noch in 10 000 Jahren dort herumhängen wird. **Höhere atmosphärische CO2-Konzentrationen und damit verbundene klimatische Folgen von heutigen CO2-Emissionen werden (daher) für eine sehr lange Zeit in die Zukunft andauern.**
Selbst wenn die Konzentrationen aller Treibhausgase und Aerosole auf dem Niveau des Jahres 2000 konstant gehalten würden, wäre eine weitere Erwärmung von 0,1 °C pro Jahrzehnt während tausenden Jahren zu erwarten und wird sich selbst bei Einstellung nur um ca. 1° pro 12 000 J. abkühlen [21, 206, 259].



> « Eins ist sicher : Wir haben eine Menge Zeit verloren. Wenn die Energieunternehmen von Anfang an aufrecht und Teil der Lösung statt Teil des Problems gewesen wären, hätten wir eine Menge Fortschritte gemacht, statt unsere Treibhausgaseemissionen zu verdoppeln. »
> KENNETH KIMMELL, Präsident der « Union of concerned Scientists[5]

C | Das Klima wandelt

Jedes der drei vergangenen Jahre war sukzessive wärmer als die vorangegangenen Jahren, nach der WMO ist 2001-2011 die wärmste Zehnjahresperiode der Weltaufschreibung[50] und der IPCC behauptet sogar, dass die Jahre 1983- 2012 die heißesten bekannten 30 Jahre auf der Nordhemisphäre(NH) seit 1 400 Jahren sind.[26] Menschliche Aktivitäten haben etwa 1,0 °C (0.98 °C=1.76 °F) globale Erwärmung gegenüber vorindustriellem Niveau verursacht, mit einer Bandbreite von 0,8 °C bis 1,2°C[46]. Nicht jedes Jahr war unbedingt wärmer als das vorangehende, ja, nicht mal jedes Jahrzehnt: sogar bei Annahme einer Erwärmung um 6°C bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird es im Verlauf immer wieder Phasen der Stagnation oder sogar der Abkühlung geben. Diese Phasen können bis zu ca. 15 Jahre andauern[221]. Ein Beispiel für eine solche Episode ist der langsamere Anstieg der Oberflächentemperatur von 1998 bis 2012. Dass sich die Welt erwärmt, wurde von vielen Indikatoren und vielen unabhängig voneinander stehenden Wissenschaftlern bestätigt*[Kap. 1 C1 Abbildung 2]*. Es ist eindeutig, dass sich die Erde seit dem 19. Jahrhundert um 1°C erwärmt hat und die globale Erwärmung 1,5 °C zwischen 2030 und 2040 erreicht[20,21,22,46,48], wenn sie mit der aktuellen Geschwindigkeit weiter zunimmt. Allerdings ändern sich Temperaturen nicht überall gleich schnell: d.h. dass in einigen Teilen der Erde bereits höhere Temperaturen als 1,5 °C über vorindustriellem Niveau aufgetreten sind, so z.B. in der Arktis, wo sogar schon Temperaturen von 4°C über vorindustriellem Niveau verzeichnet sind[222]. Mit Ausnahme weniger Regionen ist die Erwärmung seit 1979 weltweit nachweisbar[224]. Seit 2001 stellte jedes Jahr einen neuen Rekord auf.
Der aktuelle Klimawandel, der uns vielleicht auf einer menschlichen Zeitskala als noch gar nicht einmal besonders schnell vorkommt, gehört auf einer Zeitskala der letzten 55 mio. Jahren zu einem der schnellsten Wandel der Erdgeschichte. Es ist sogar durchaus möglich, dass er auch in den letzten 300 Mio. Jahren zu einem der schnellsten Ereignisse gehört. Die schnellste Erwärmung im Verlauf von der letzten Eiszeit zur heutigen Warmzeit war eine Erwärmung um etwa einem Grad pro 1000 Jahre[205]. Von der Geschwindigkeit muss auch gesagt werden er ist min. so schnell wie die Klimaereignisse, die schlussendlich zu einem Massensterben geführt haben. Wir befinden uns im holozänen, bzw. anthropozänen Massensterben, dem sechsten groβen Massensterben der Erdgeschichte. Steigt der atmosphärische CO_2-Gehalt auf 560 ppm, und kommen dabei noch andere gefährlichen Gase wie Methan ins Spiel, könnte sich die Erde um drei bis neun Grad erwärmen. Es besteht eine sehr starke wissenschaftliche Übereinstimmung darüber, dass wir uns in einer besorgniserregenden Erwärmung des Klimasystems befinden – und dabei sind die Aussagen der Klimaforscher bisher eher vorsichtig und zurückgehalten und keineswegs übertrieben und alarmistisch gewesen, wie es sich in dem 5. Sachstandbericht des IPCC herausstellt.



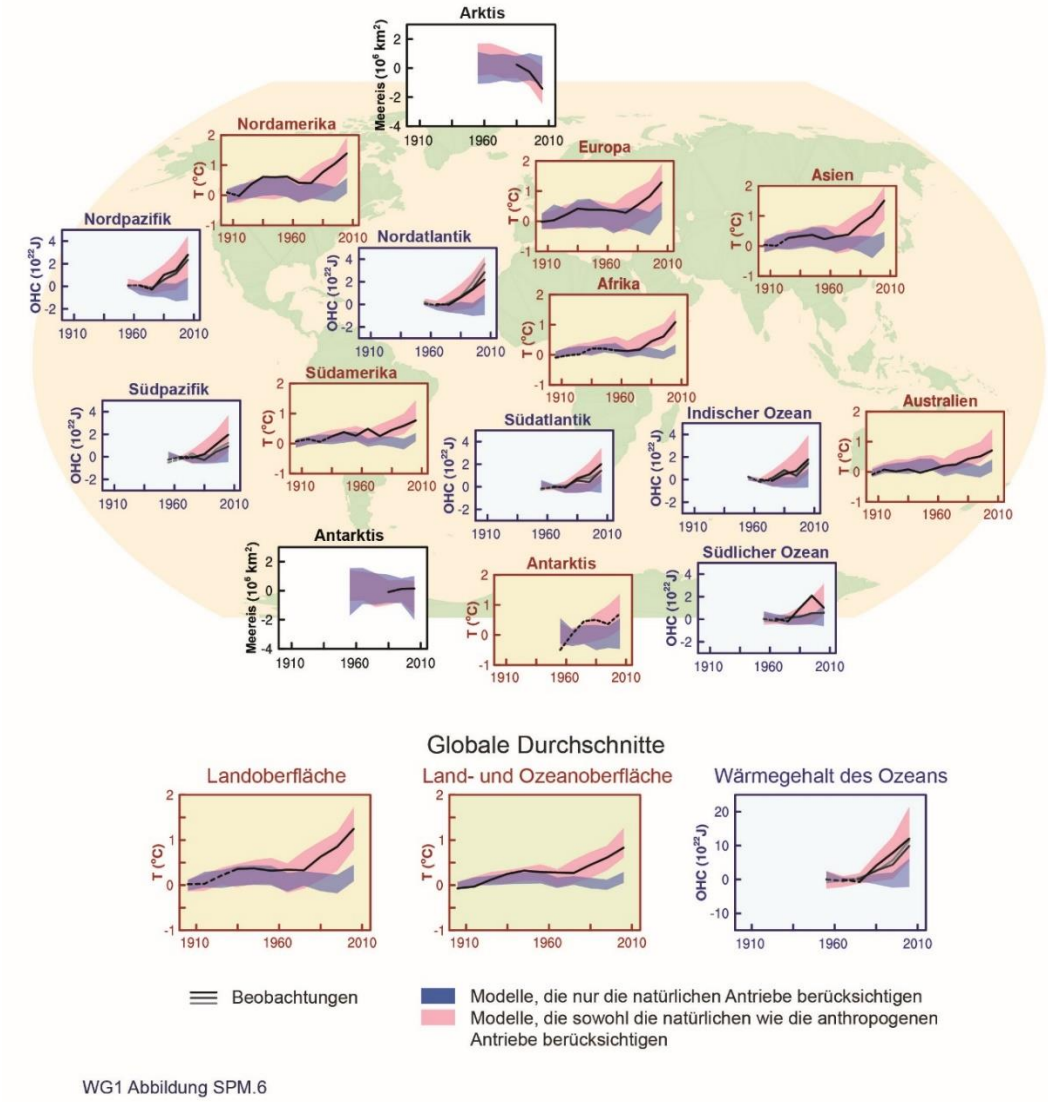
Kapitel 1 Abbildung C1. | Globale Erwärmung | Quelle: MunichRe

DIESER SCHNELLE WANDEL ÜBERTRIFFT ALLES, WAS WIR ERWARTET HATTEN.

PROF. GUIDO GROSSE, GEOWISSENSCHAFTLER AM ALFRED-WEGENER-INSTITUT, POTSDAM [32]

„In der umgangssprachlichen Bedeutung des Wortes <gefährlich> ist diese Erwärmung gefährlich“[(frei zitiert nach Hansen et al., 2016)] . Auf diesen Schluss kamen 2016 eine Gruppe von 19 sehr angesehenen Wissenschaftler, unter ihnen einer der begehrtesten Klimatologen der Welt, James E. Hansen. Sie haben tief in den Daten aus der letzten Warmzeit, vor ca. 120 000 Jahren, im Eem gegraben. Damals waren die weltweiten Temperaturen schon einmal 2°C wärmer als 1885 (heute: 1°). Aus den Proxydaten konnte man lesen: Die Eismassen von der Antarktis und Grönland waren geschmolzen, der Meeresspiegel 6 – 9 m höher als heute (2020), Superhurrikane rasten durch die Karibik, Dürre machte sich breit, ultraheftige Wirbelstürme; in Europa tobten Staubstürme und Waldbrände verwüsteten ganze Landstriche, und manchmal auch ganze Länder. Zudem verlief auch der Golfstrom weiter südlich.[(5,251)] So, den Rest zu lesen, wäre nur noch Zeitschwenderei, denn das ist ja der eindeutige Beweis dafür, dass der Klimawandel 1. nicht menschengemacht ist, und 2. gar keinen Grund zur Sorge (Reason of concern, RFC) darstellt; da sowas schon einmal vorkam. Doch leider verläuft die globale Erwärmung, die seit 1885 beobachtet wurde, sehr viel schneller ab und verläuft analog mit dem Ausstoβ klimaschädlicher Gase; und auβerdem trampelten damals auch noch Dinos auf der Erde herum, und keinen 7,9 Milliarden Menschen (Stand 2020).

„Ich habe da ein ganz mieses Gefühl“ HAN SOLO, STAR WARS



Kap. 1 C1 Abbildung 2 | Vergleich des beobachteten und simulierten Klimawandels basierend auf drei großräumigen Indikatoren in der Atmosphäre, der Kryosphäre und dem Ozean. Die globalen Durchschnittsdaten sind ebenfalls dargestellt. Alle Zeitreihen sind 10-Jahres-Mittel, abgebildet im Zentrum des Jahrzehnts. In den Temperaturfeldern sind Beobachtungen als gestrichelte Linien dargestellt, wenn die räumliche Abdeckung der untersuchten Flächen unterhalb von 50% liegt. In den Tafeln zum Ozeanwärmegehalt und zum Meereis zeigen durchgezogene Linien eine gute Datenabdeckung von hoher Qualität an, gestrichelte Linien eine lediglich adäquate Datenabdeckung, was mit einer größeren Unsicherheit verbunden ist. Die dargestellten Modellresultate sind Multi-Modell- Ensemblebereiche aus dem Gekoppelten Modellvergleichsprojekt Phase 5 (CMIP5), wobei schattierte Streifen das 5 bis 95%-Vertrauensbereich anzeigen.

Kapitel II

Klimahysterie! Klimapropaganda!

Ursachendiskussion: Klimaleugner und Gegenargumente

Der Klimawandel ist unsicher und es liegen Zweifel.
Nicht in der Wissenschaft! Aber große Teile der Bevölkerung leisten bitteren Wiederspruch. Weltweit sehen nur traurige 42% ein ernstes Risiko, und 69% der Amerikaner sagen, dass es keine eindeutigen Beweise dafür gibt, dass sich die T der Erde in den letzten J-10 erwärmt hat. Jemand, der dem eindeutigen Konsens der Wissenschaft durch hartnäckigen Wiederspruch leistet, nennt man Klima(wandel)skeptiker oder Klima(wandel)leugner. (53)

- ✓ **Weshalb habe Ich das Wort Leugner gewählt?**
  Begriffsursprung des Wortes Skepsis:
  von altgriechisch *sképsis* (*σκέψις*) "Betrachten/Überlegung"
  Definition
  1) Bedenken, Zweifel, Unsicherheit (Quelle: https://www.wortbedeutung.info/Skepsis/)
  Wissenschaftliche Skepsis ist gesund. Tatsächlich ist es so, dass die Wissenschaft von Natur aus skeptisch ist, denn ehe ein Wissenschaftler seine Beobachtungen und Betrachtungen veröffentlicht, muss es vorher mehrfach überprüft worden sein, und er muss es Zweifelnden beweisen können. Reicht die Beweislage aus, so muss sich der Skeptiker geschlagen geben und es akzeptieren. Echte Skepsis bedeutet also, dass man sich zuerst die komplette Beweislage anschaut, bevor man einen Schluss zieht.
  - ➢ Da es sich aber bei den fachlichen Klimaskeptikern nicht um Leute handelt, die sich unsicher sind, sondern vielmehr um Dogmatiker, die von Mineralölkonzernen und Automobilherstellern wie Exxon, BP, Chevron, Shell, American Oil Company und Peabody bezahlt werden, um den Zweifel in die Welt zu setzen, sollte man sie nicht als Skeptiker, sondern als Leugner betrachten. Sie übertreiben tendenziell den Grad der Unsicherheit in den Klimavorhersagen und untertreiben die prognostizierten Schäden. Das ist keine Skepsis. Meistens sind es Menschen, die denselben Zaubertrick schon woanders ausprobiert haben: wie zum Beispiel die Folgen des Nikotinkonsums und des Ozonlochs {Siehe: Glossareintrag *Ozonloch*}. Leugner 1. Grades sind zum Beispiel Fred Singer , Robert Jastrow, William Nierenberg James Inhofe und Frederick Seitz(5,72).

> « Es ist schwierig, jemanden dazu zu bringen, etwas zu verstehen, wenn er seinen Gehalt dadurch bekommt, dass er es nicht versteht. »
> Upton Sinclair, Journalist(8) Box. 4

Die häufigsten Argumente der Klimaskeptiker und was die Wissenschaftler zu antworten haben:

Argument Nr. 1 | Es gab schon immer Warm -und Kaltzeiten

Da sagt Prof. Nicolas Gruber[7]: «Die heutige Erwärmung unterscheidet sich von vergangenen Erwärmungen in mindestens zwei entscheidenden Punkten. Erstens ist die Rate der Erwärmung um ein Mehrfaches höher, als sie dies zum Beispiel am Ende der letzten Eiszeit

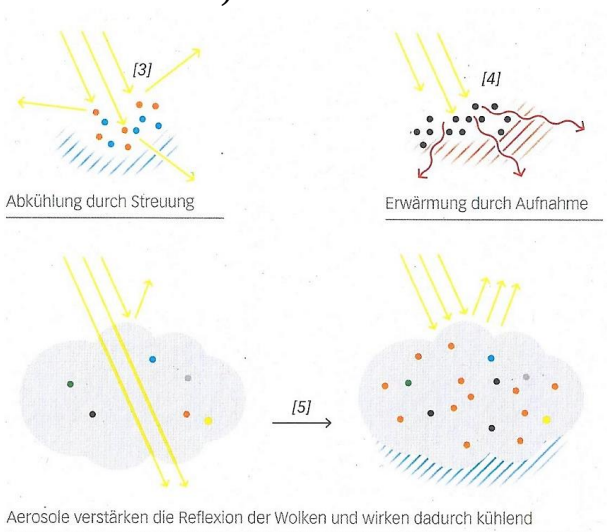
[7] Prof. Dr. Nicolas Gruber ist seit 2006 Professor für Umweltphysik in ETH Zürich. Er ist Mitglied zahlreicher internationaler Forschungskuratorien, sitzt im Vorstand der Innovationsschmiede Climate-KIC und wirkt als Autor an Berichten des IPCC mit.

war. Das hat wichtige Konsequenzen, unter anderem für Pflanzen und Tiere, die sich nicht so rasch anpassen können. Während es am Ende der Eiszeit mehr als tausend Jahre dauerte, bis die Erde um ein Grad erwärmt war, geschah dies nun in hundert Jahren. Zweitens ist die heutige Erwärmung durch den Anstieg von CO_2 und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre getrieben, während in der Vergangenheit die Erwärmung vor allem durch Veränderungen der Sonneneinstrahlung in Gang gesetzt wurde. Verantwortlich für den Anstieg der Treibhausgase ist der Mensch.»(frei zitiert :NZZ-(53))

Argument Nr. 2 | Der Klimawandel ist nicht vom Menschen gemacht

Als mögliche Ursachen der globalen Erwärmung werfen solche Leugner dem IPCC und vielen Klimatologen oft vor, dass anstatt dem Menschen die Sonne oder andere Faktoren im Spiel ständen wie zB. Vulkanismus, Interne Variabilität und Aerosole…

a) Aerosole



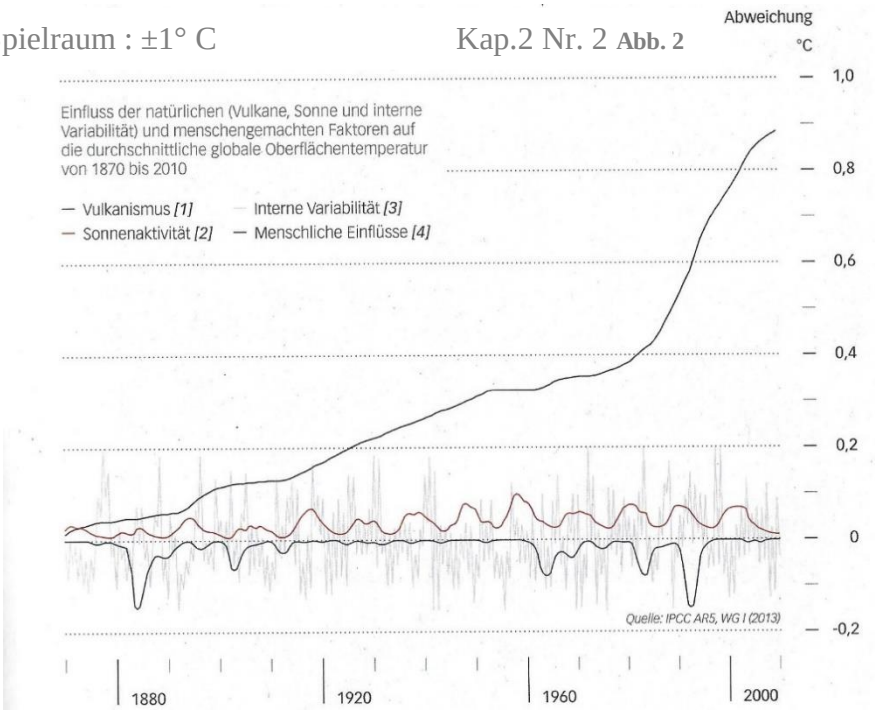
Kap. Nr. 2 Abb. 1 (Aerosole) Bildnachweis: Kleine Gase – Große Wirkung nach IPCC 2007

Aerosole sind winzige Schwebeteilchen/ Partikel, die sich in der Luft befinden. (auch in anderen Gasen) Nat. Aerosole entstehen durch Aufwirbelung Meersalz und Sand, bei Vulkanausbrüchen… Vor allem entstehen sie aber durch den Menschen.(144) In Europa ist die Aerosolbelastung seit den 1980er Jahren deutlich zurückgegangen. Die Folge war eine Zunahme der Sonneneinstrahlung und damit eine stärkere Erwärmung als im globalen Mittel.(145) Atmosphärische Aerosole beeinflussen den Strahlungsantrieb der Erde indem sie das Sonnenlicht streuen und/oder aufnehmen(direkter Effekt). Sulfataerosole streuen bspw. das Sonnenlicht und haben daher einen kühlenden Effekt, [3] währenddem zB. Ruβ Sonnenenergie aufnimmt und so erwärmend wirken [4]. Ferner haben Aerosole auch einen indirekten Einfluss auf die Bildung und die Reflexion der Wolken.

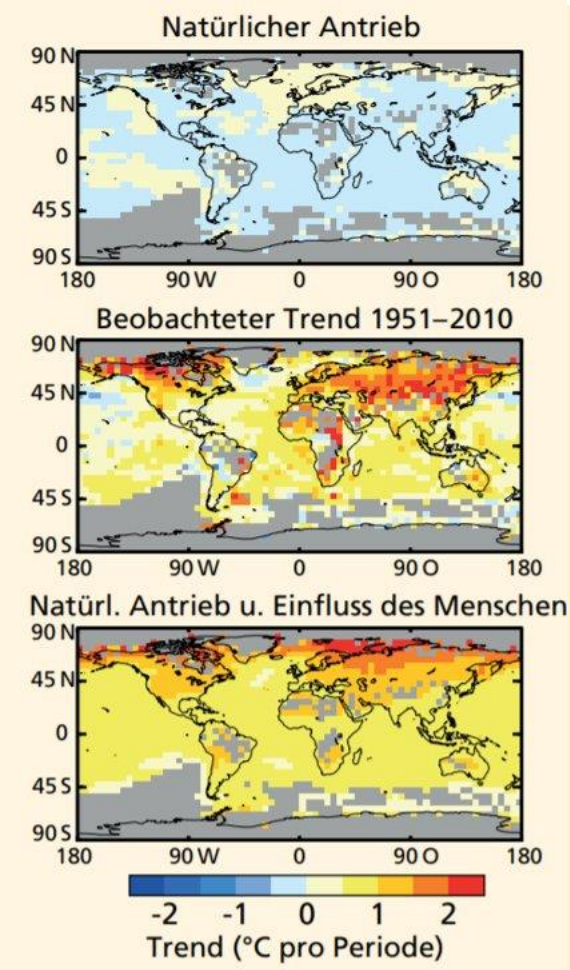
→ **Anthropogene (von Menschen gemachte) Aerosole verschmutzen zwar die Luft, haben aber ironischerweise generell einen kühlenden Effekt auf das Klima und schwächen damit die globale Erwärmung ab(obwohl auch oft umgekehrt(166))**(3,26,47).

Anteile an der globalen Erwärmung:

Spielraum : ±1° C Kap.2 Nr. 2 **Abb. 2**

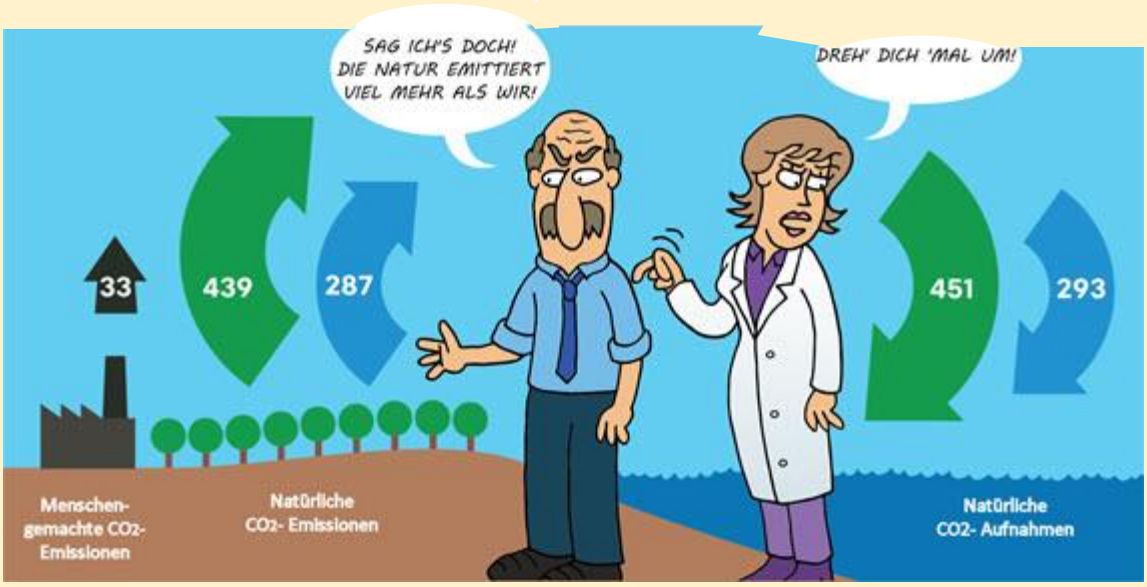


Viele Studien haben den Beitrag an der globalen Erwärmung untersucht (54). Alle sind sie mehrmals überarbeitet und verbessert worden und von mehreren tausend Klimatologen und Wissenschaftlern kommentiert worden.(3) **In *Kap. 2 Nr.2 Abb.2* und *Kap.2 Nr.2 Abb.3* sowie auch in *Abb.4* sieht man deutlich, dass zu 95% der globalen Erwärmung der Mensch verantwortlich ist:** Im Zeitraum von 1870 bis 2010 haben Vulkanausbrüche das Klima immer wieder kurzfristig abgekühlt[1].Auβerdem würde



eine Anreicherung des stratosphärischen Schwefeldioxidgas eine Erwärmung der Stratosphäre hervorrufen, welche sich aber, ganz im Gegensatz wegen den höheren Ozonwerten während der der letzten 30 Jahre um 0,314 K pro Jahrzehnt abgekühlt hat, wie man mit Hilfe von Satelliten der NASA festgestellt hat(2). Ferner bestätigt sich heute auch schon die bereits 1908 publizierte Annahme, dass sich die Tropopause bei zunehmender CO_2 Konzentrationen nach oben verschiebt. Die Schwankungen der Sonnenaktivität (Sonnenflecken, Erdumlaufbahn…) haben ebenfalls einen sehr geringen, sogar einen leicht kühlenden Effekt auf das Klima in den letzten Jahrzehnten (209,211) [2], auch wenn Skeptiker(210,212) das Gegenteil behaupten. Es ist *äußerst unwahrscheinlich*, dass die beobachteten Trends (<5%) durch Interne Variabilität [3] (alle natürlichen Veränderungen, die unabhängig von der einfallenden Sonnenstrahlung und der Wärmestrahlung der Erde auftreten – z.B.: PDO, AMO, ENSO) verursacht werden, selbst wenn aktuelle Modelle diese stark unterschätzen(172).
In einer vollständig gekoppelten Simulation (auch mit Rückkopplungseffekten {wichtiger Glossareintrag} und Kipp -Punkten eingerechnet) steigt die globale mittlere Oberflächenlufttemperatur von 1850 auf 2300 um 10°C, wobei 5,3°C dieser Erwärmung nach 2100 auftreten. Ohne CO_2 beträgt die Erwärmung durch natürliche Treibhausgase und Aerosole 1,6°C bis 2300.

Kapitel 2 Nr.2 Abb.4 | Räumliche Muster von Trends der lokalen Erdoberflächentemperatur von 1951 bis 2010. Die obere Tafel zeigt das Trendmuster aus einem umfangreichen Ensemble von Simulationen aus dem „Gekoppelten Modellvergleichsprojekt Phase 5“ (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, CMIP5) nur mit natürlichen Antrieben. Die untere Tafel zeigt die Trends aus einem entsprechenden Ensemble von Simulationen, die mit natürlichen und menschengemachten Antrieben durchgeführt wurden. Die mittlere Tafel zeigt das Muster der beobachteten Trends im Datensatz des britischen Hadley Centres zur Oberflächentemperatur, Version 4 (Hadley Centers/Climatic Research Unit gridded surface temperature data set 4, HadCRUT4) in diesem Zeitraum.



Kap. 2 Nr. 2 Abb. 4 | Kohlenstoffkreislauf https://skepticalscience.com/translationblog.php?n=4634&l=6

Argument Nr. 3 | Sogar die Wissenschaftler sind sich nicht einig.

Wir wissen, dass die globale Erwärmung von Menschen verursacht wird. Selbst wenn die Trumps, Gaulands und Wilders trotzig auf den Boden stampfen, Grund für die Erwärmung bleibt der Mensch und seine geliebten Autos, seinen fossilen Energieträger und unsere fleischhaltige Ernährung.

> **Der Einfluss des Menschen auf das Klimasystem ist klar und die jüngsten anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen sind die höchsten in der Geschichte. Die jüngsten Klimaänderungen hatten weitverbreitete Folgen für natürliche Systeme und solche des Menschen. *{1}***

Box 5 | SYR IPCC AR5 (Synthesis report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fifth Assessment Report)"[26]

Argument Nr. 4 | Extreme Wetterereignisse nehmen weder zu noch sind sie ein Beleg für den Klimawandel

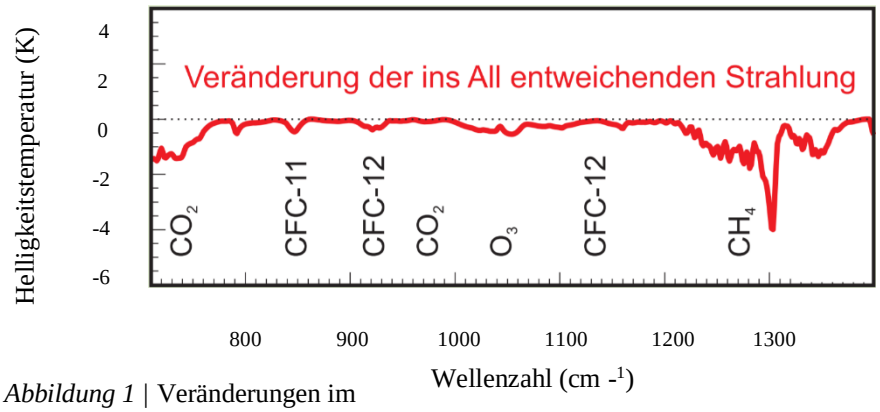
Die Extremereignisse haben sehr offensichtlich zugenommen und es existiert eine wahre Flut von Studien darüber, dass sie vom Klimawandel beeinflusst werden. *[Siehe: Kapitel 3. Th. C]*

Argument Nr. 5 | Der Treibhauseffekt ist erfunden

> *„Die Skeptiker behaupten: „Die Wirkungszusammenhänge, durch welche die sog. „Treibhausgase" zur Temperatur in unserem Lebensbereich beitragen, sind immer noch nicht ausdiskutiert. Das heißt im Klartext: Es existiert kein belastbarer Nachweis des behaupteten „Treibhauseffekts", ein solcher Beweis ist trotz umfangreichster Bemühungen bislang nicht gelungen. Der Grund für diese Unnachweisbarkeit ist, dass es ihn gar nicht geben kann, da er gegen die unumstößlichen Gesetze der Thermodynamik verstoße"* (Heinz Thieme)

Antithese:

Beweise, dass es einen Treibhauseffekt gibt, können anhand von Variationen im Spektrum der von der Erde ausgehenden langwelligen Strahlung, die von der Erde, wie sowieso von jeden Böden, als langwellige Strahlung (IR/oder Wärmestrahlung) zurückgestrahlt wird[178,179]. **Satelliten und umlaufende Raumfahrzeuge messen die von der Erde abgestrahlte Infrarotstrahlung und belegen ganz klar die Existenz des Treibhauseffekts[179].** Ein Vergleich der Satellitendaten von 1970 und 1996 zeigt, dass bei Wellenlängen, die von den Treibhausgasen absorbiert werden, sogar immer weniger Energie die Erde verlässt. Wir finden also Unterschiede in den Spektren, die auf langfristige Änderungen von atmosphärischem CH_4, CO_2 und O_3 sowie FCKW$_{-11}$ und FCKW$_{-12}$ hinweisen. In die andere Richtung wurde auch die von der Atmosphäre zurückgestrahlte Wärmestrahlung((L_d) anhand von sog. *Pyrgeometer* gemessen, und einen positiven, also steigendem Trend, beobachtet[180]. Die Ergebnisse liefern direkte experimentelle Beweise für einen signifikanten Anstieg des Treibhauseffekts der Erde, der mit Bedenken hinsichtlich des Strahlungsantriebs des Klimas übereinstimmt.



Kapitel 2 Nr. 5 Abbildung 1 | Veränderungen im Spektrum der von der Erde abgestrahlten Energie durch die Zunahme der Treibhausgase zwischen 1970 und 1996. Negative Werte bedeuten weniger abgestrahlte Wärme.

Kapitel III

Folgen und Auswirkungen des Klimawandels

> « Wir haben die Folgen des Klimawandels jahrelang unterschätzt.»
> Joseph E. Stieglitz, Wirtschaftswissenschaftler[5] **Box 6**

In den letzten Jahrzehnten haben Klimaänderungen Folgen für natürliche Systeme und solche des Menschen auf allen Kontinenten und überall in den Ozeanen gehabt. Diese Folgen sind auf den beobachteten Klimawandel zurückzuführen, unabhängig von dessen Ursache; sie zeigen die Empfindlichkeit natürlicher Systeme und solcher des Menschen gegenüber dem sich ändernden Klimas.

Wer Erfolg und Zeichen der Hoffnung sucht, findet viele: Die Sterberate bei der Geburt sinkt (-47%); -die Lebenserwartung des Menschen steigt; der Anteil der Erwachsenen auf der Welt, die lesen und schreiben können, steigt; der Anteil der Kinder, die in die Schule gehen, steigt; und die weltweite Nahrungsmittelproduktion steigt schneller als die Bevölkerung wächst. Aber die gleichen Prozesse, die diese Gewinne hervorgebracht haben, haben zu Trends geführt, die der Planet und seine Menschen nicht lange ertragen können.

Es gibt starke Belege für Folgen des jüngst beobachteten Klimawandels für physikalische, biologische und menschliche Systeme. Viele Regionen haben Erwärmungstrends und häufigere Hitzeextreme erfahren. Steigende Temperaturen werden mit einer abnehmenden Schneemasse in Verbindung gebracht, und viele Ökosysteme erfahren klimabedingte Verschiebungen der Aktivität, Bandbreite oder des Bestands der in ihnen lebenden Arten. Dazu gehört leider auch die „grüne Lunge“ unseres Planeten, der tropische Regenwald, der, neben der Filterung der Luft und des Wassers auch de facto gut ist, um Wolken zu bilden, Erosion zu verhindern, oder das Weltklima zu regeln – 1 m^2 kann ~20 000 t CO_2 speichern. Durch die Hitze und die Trockenheit droht dort das Verdorren[5]. Die Ozeane zeigen ebenfalls Veränderungen von physikalischen und chemischen Eigenschaften, die wiederum küstennahe und marine Ökosysteme wie Korallenriffe und andere Meeresorganismen wie Weichtiere, Krustentiere, Fische und Zooplankton beeinflussen. Pflanzenanbau und Fischereibestände sind empfindlich gegenüber Temperaturänderungen. Die Folgen des Klimawandels führen zu Verschiebungen von Ernteerträgen, zu einem Rückgang der Erträge insgesamt, sowie manchmal auch zu einem Anstieg der Erträge in gemäßigten und hohen Breiten. Das Fangpotenzial von Fischereien fällt global, wenngleich auch einige Regionen einen Anstieg erleben werden. Einige indigene Gemeinschaften ändern saisonale Migrations- und Jagdmuster, um sich den Temperaturänderungen anzupassen.

Der Abgrund zwischen Arm und Reich wird sich immer vergrößern. Viele Menschen leben zwar in Wohlstand oder sogar Überfluss und genießen ein besseres Leben, aber die Ungleichheit zwischen Arm und Reich wird durch den Klimawandel zusätzlich verschärft. 1% der Weltbevölkerung hat mehr Geld als die restlichen 99% (Stand 2012). Insgesamt zeigen sehr viele wissenschaftliche Studien und Berichte rund um die Welt viel mehr negative als positive Folgen auf, die für die Zukunft projiziert werden, insbesondere bei großem Ausmaß und hoher Geschwindigkeit des Klimawandels. Der Klimawandel wird jedoch für die Menschen in der ganzen Welt unterschiedliche Folgen haben, und diese Folgen werden nicht nur nach Region, sondern auch über die Zeit schwanken, abhängig von der Geschwindigkeit und dem Ausmaß des Klimawandels. Die Welt könnte uns alles sagen, was wir zu wissen begieren. Das Problem ist, dass die Erde nicht reden kann. Doch sie redet in Gebärdensprache. Wir sollten auf diese achten, denn sie will uns etwas zeigen.

A

Thema A.:

Kryosphäre im Wandel mit besonderem Fokus auf den Meeresspiegelanstieg

A1 | Kryosphäre

Während der letzten beiden Jahrzehnte haben die Eisschilde in Grönland und in der Antarktis an Masse verloren, die Gletscher sind fast überall in der Welt weiter abgeschmolzen, und die Ausdehnung des arktischen Meereises sowie der Schneebedeckung in der Nordhemisphäre (NH) im Frühjahr haben weiter abgenommen. Als Kryosphäre wird in ihrer Gesamtheit alle Bereiche auf der Erde bezeichnet, auf denen Wasser in erstarrter oder gefrorener Form vorkommt- dh. Alle Eis-bzw. Schnee-Flächen wie zB. Permafrost-Gletscherböden, Schelf- und Meereis.

Kapitel 3 Abbildung A1 (a) (b) Kryosphäre | Quelle : Kleine Gase-Grosse Wirkung/ Der Klimawandel

→ Durch das Schmelzen von Innlandeis erhöht sich der Meeresspiegel[siehe: Kap.3 B2.]. Würde das gesamte Landeis der Erde schmelzen, würde der Meeresspiegel um 66 Meter (an)steigen. (3,47)
Im Gegensatz dazu verhält es sich mit Meer- und Schelfeis. Wenn das Eis denselben Salzgehalt wie das umgebende Wasser hat, so entsteht beim Schmelzen des Eises fast genau so viel Wasser wie zuvor durch das Eis verdrängt wurde. Da Schelfeis aber einen geringeren Salzgehalt hat als das Meerwasser verdrängt das Schelfeis etwas mehr Schmelzwasser. Würde das gesamte Meereis schmelzen erhöht sich das Meereis um 4cm, wovon Schelfeis mit 3,6 am meisten beiträgt. (3)

A1.1 | Kryosphäre: Hochgebirgsregionen

Das **Abschmelzen der Gletscher, Schnee und Permafrost** in Bergregionen sind die fast sichtbarsten Zeichen des sich wandelnden Klimas und dürfte weithin bekannt sein. In vielen Regionen verändern sich hydrologische Systeme durch Änderungen der Niederschläge oder das Schmelzen von Schnee und Eis, was die Quantität und Qualität von Wasserressourcen beeinträchtigt. Mit ihnen verschwinden nicht nur schöne Landschaften, Touristenattraktionen, eine eigenartige Biozönose {Siehe: Glossar} und Artenvielfalt und Kulturgüter, sondern es betrifft auch bis zu 670 Millionen Menschen in Hochgebirgsregionen (51,).

Gefahren für Menschen durch Erdrutsche, Lawinen oder Flutungen werden steigen, wenn Gletscher und Permafrost tauen(1,3,4,51). Ferner wird die Gesundheit des Menschen auch

beeinflusst: durch den Schmutz, der durch Erdrutsche und Lawinen in das Grund - und Trinkwasser der Menschen gerät, verunreinigt so das Trinkwasser und ruft Epidemien und Krankheiten hervor. Schon heute haben 1 von 9 Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser[27]. Gletscher tragen auch zum Anstieg des Meeresspiegel bei.
Fast die gesamten 1,4Mrd. km^3 Wasser auf der Erde sind Salzwasser. Von dem kleinen Süßwasseranteil ist mehr als zwei Drittel (68,9%)in Eiskappen und Gletschern gebunden. Das Outlook-Basisszenario geht davon aus, dass bis 2050 3,9 Milliarden Menschen - insgesamt über 40% der Weltbevölkerung - wahrscheinlich in Flusseinzugsgebieten unter starkem Wasserstress leben werden[112]. Großflächige Vereisungen, wie es sie in den letzten Eiszeitalter noch gab, werden sich, wenn die Kohlenreserven ausgeraubt sind, um eine halbe Million Jahre verzögern[259].

A1.2 | Kryosphäre: Polargebiete

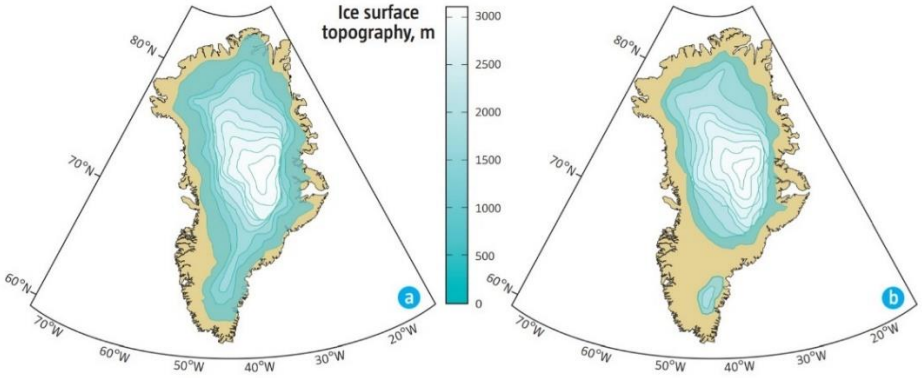
A1.2.1 | Eis-Albedo Rückkopplung

Wie schon erwähnt {Vgl. Kap. I, A2.1} hat jede Oberfläche die Eigenschaft, einen gewissen Anteil der auftreffenden Strahlung zu reflektieren (reemittieren).[240]. Dazu gehören auch Oberflächen wie der Mond, und andere Planeten im Sonnensystem, die ohne diesen Effekt nicht leuchten würden. Der Anteil der von der Erde zurück in den Weltraum gestreuten Sonnenenergie wird als planetarische Albedo bezeichnet. (lat. *albedo* ‚Weiße') [240].
Verschiedene Oberflächen haben eine unterschiedliche Rückstrahlung. Beispielweise reflektiert Schnee und Eis mehr Einstrahlung (Albedo von 0,9 oder ca. 75 – 90% der Strahlung) als dunklere Flächen wie Stein (variabel), Wasser (3-10%) und Wald (15-18%). [241]
Das wirkt kühlend. Durch die globale Erwärmung schmilzt nun immer mehr Eis und es werden immer mehr dunkle Flächen bloßgelegt (die sich meistens unter dem Eis befinden.[27,39,46,47,48,51] Diese reflektiert deutlich weniger Strahlung und erwärmt sich.[241]
Und, klar, je wärmer das Wasser, desto mehr Wärme kommt an die frische Luft. Das hat vor allem Auswirkung auf das neue Eis, das sich im Winter bildet. Dieses Wintereis verdünnt sich durch die höheren Temperaturen und das wärmere Wasser – wodurch es im nächsten Sommer schneller schmilzt und damit wiederum die Erwärmung des Wassers und des Bodens verstärkt, was mehr Eis schmelzen lässt, und im Winter wieder die Eisbildung verhindert usw… Dieser sich selbst verstärkende Prozess wird Eis-Albedo-Rückkopplungseffekt genannt[frei zietiert nach 3]. Wenn die Erde vollständig gefroren wäre (und daher reflektierender wäre – wie der Saturnmond Enceladus), würde die Durchschnittstemperatur des Planeten unter –50 ° C fallen [bei 15°C heute], und auf der Antarktis auf -80°C, wie damals, 650 Mya (million years ago) bei „Schneeball-Erde" {Siehe: S.20}. [242,243]. Wenn nur die kontinentalen Landmassen von Gletschern bedeckt wären, würde die mittlere Temperatur des Planeten auf etwa 0 ° C fallen[243]. Im Gegensatz dazu würde die durchschnittliche Temperatur auf dem Planeten auf fast 27 ° C steigen, wenn die gesamte Erde von Wasser bedeckt wäre - einem sogenannten Ozeanplaneten (Wie z.B. der Exoplanet GJ 1214 b) [244]
Die Eis-Albedo Rückkopplung spielt eine besonders große Rolle in der Arktis.
Durch vermehrtes Abschmelzen im Sommer wird augenscheinlich deutlich mehr Wärme von dem Ozean aufgenommen als es bei eisbedecktem Meer der Fall wäre [1,3,5,8,27,28]. Durch den entsprechend wärmeren Ozean schmilzt das Eis folglich nicht nur durch die Sonnenstrahlen, sondern von nun an auch durch das wärmere Wasser. [27,28]

- **Durch das Schmelzen von Schnee und Eis wird die Erwärmung verstärkt.**

Kapitel 3 A1.2.2 Abbildung 1 | Modellierte Oberflächentopografie der grönländischen Eisdecke im Jahr 3000 n. Chr.
Für (a) die Erwärmungsszenarien bei 4 ° C und (b) 8 ° C

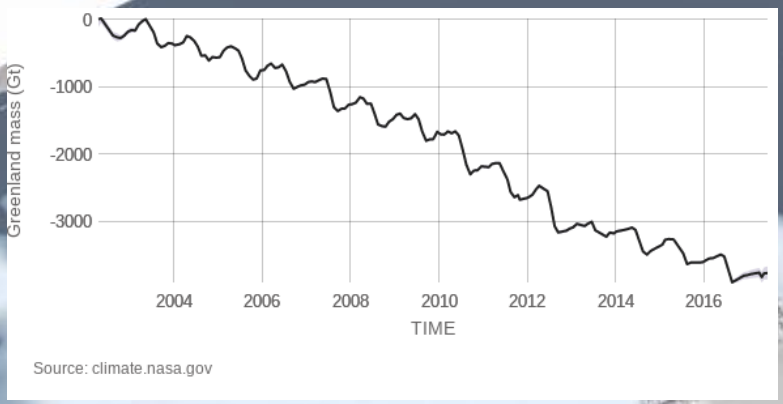
Quelle: Shawn Marshall, University of Calgary.



A1.2.2 | Grönland und Arktis

Datenquelle: Messung der Eismasse mit den GRACE-Satelliten der NASA. Bildnachweis: NASA

GRÖNLAND MASSENVARIATION SEIT 2002



ÄNDERUNGSRATE

281

Gigatonnen

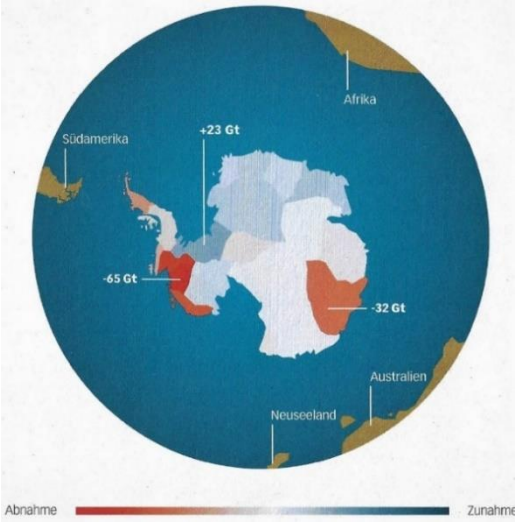
Die beiden Pole sind die am stärksten erwärmten Gebiete der Erde (3x stärker). Grund für diese überdurchschnittliche Erwärmung ist die Albedo-Rückkopplung. Im arktischen Becken werden 140.000 km^3 Süßwasser (als Eis) mit einer durchschnittlichen Eisdicke von 26 m gespeichert - Ende des 19. Jahrhunderts hatten Regionen mit dichtem arktischem Meereis schätzungsweise eine Fläche von 8900 km^2 und eine Dicke von min. 35-50 m. Von 1979-2016 ging die Eismasse (Fläche und Dicke) um circa. 77% zurück, das ist so viel, dass man ganz Deutschland damit mit 33,5 m hohem Eis überdecken könnte [(3)]. Da geht gerade in rasantem Tempo eine irre Menge Eis koppheister. Mit jeder t CO_2, das in die Atmosphäre gelangt, verschwinden in der Arktis 3m^2 sommerliches Eis[(250)]. Zwar hat das arktische Meereseis keinen Einfluss auf den globalen Meeresspiegel, doch dadurch könnten Habitate vieler seltener Arten verlorengehen und Trinkwasserverlust. Seit 1992 hat das Schmelzen des grönländischen Eisschildes einen Meeresspeiegelanstieg von 10,6 cm hervorgerufen. Wenn alles gut läuft, und wir die globale Erwärmung auf 2° begrenzt bekommen, braucht es noch 50 000 Jahre, bis das gesamte Eis fort ist. Bei einer Begrenzung von 8° nur 2000 J, doch das alles nur, wenn alles *linear* verläuft. Das ist ein komplizierter Ausdruck dafür, dass die Veränderung konstant verläuft. Wenn es das nicht tut (was viel logischer wäre), wird das Eis auch schon am Ende des Jahrhunderts fast ganz verschwunden sein. Wissenschaftler gehen davon aus, dass die sagenhafte Nord-West Passage in einigen Jahrzehnten auch während dem Winter schon eisfrei sein wird.

Von Meereis abhängige Meeresspezies, darunter Eisbären, eislebende Robben, Walross und einige Meeresvögel, sind sehr wahrscheinlich rückläufig, wobei einige Arten vom Aussterben bedroht sind. Besonders gefährdet sind Arten, die speziell an das arktische Klima angepasst sind, darunter viele Arten von Moosen und Flechten, Lemmingen, Wühlmäusen, Polarfuchs und Schneeeulen. [(142)]

Bildnachweis: (Hintergrund) Arctic Council, 2013: Arctic Resilience Interim Report 2013

A1.2.3 | Antarktis, der „Ground Zero der globalen Erwärmung“
„THE HOLY SHIT MOMENT“

Die Tiefkühlkammer unseres Planeten ist am Schmelzen! Ihr Eispanzer ist an angemessenen Stellen fast 5 km dick, sein Volumen 9x so groβ wie das seines nördlichen Pendanten, - und bei vollständigem Abschmelzen würde er den Meeresspiegel auf gut 60m steigen lassen. Das Landeis der Antarktis kollabiert – jene Gletscher, die rund 60% des gesamten Süβwassers der Erde speichern.



Bildnachweis: Kleine Gase – Groβe Wirkung.

Kap. 3 A1.2.3 Abb. 1 | Die Ostantarktis(rechts) ist die größte Eisfläche der Erde. Bis 2006 nahm man an, dass dieses Eisschild am Wachsen ist. Studien aus demselben Jahr zeigen leider das Gegenteil. Die Westantarktis, die größtenteils aus Eisschelfen besteht, war der Startschuss. Die Westantarktis hat den Kipppunkt bereits überschritten, dass sie also vollständig abschmilzt, und den Meeresspiegel um ein Vielfaches erhöht, ist nicht mehr abzuwenden. Das ist der „Holy Shit Moment“, wie es der Ökologe und Professor am Department of Biology der Stanford University Harold A. "Hal" Mooney bezeichnet.

A1.3 | Permafrost

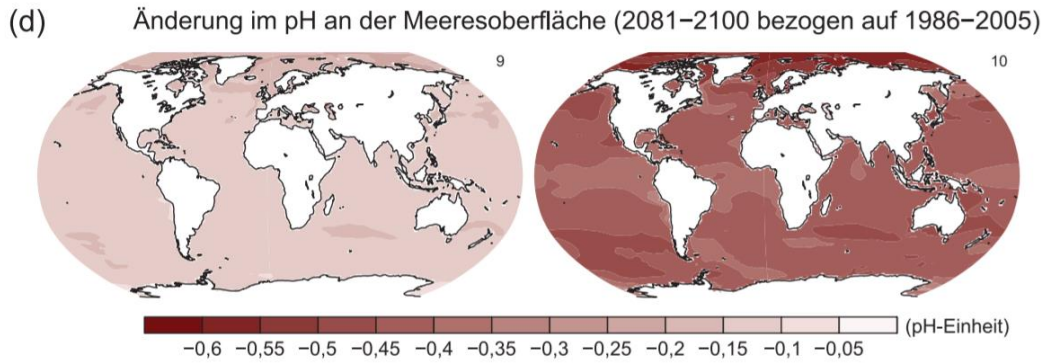
Beim Permafrost (oder *wetschnaja merslota* „ewig gefrorener Boden“, wie ihn die Kosaken nannten) handelt es sich um eine bis zu 1500 metern tiefe, mächtige, Bodenschicht, die für zwei Jahre und mehr in Folge Temperaturen unter 0 °C aufweist[(245)] und hauptsächlich in den hohen Breiten der Arktis zu finden ist, wobei sich «gefroren» nur auf die Temperatur beziehen sollte. Die arktischen Permafrostregionen, einschließlich des submarinen Permafrosts(unterseeisch) auf den flachen Schelfgebieten des arktischen Ozeans, stehen zurzeit im Blickpunkt der internationalen Klimaforschung, da enorme Mengen an alten organischen Kohlenstoffablagerungen, die in kleinen Gräsern, Pflanzen und Tierchen enthalten sind; in den Permafrostbeeinflussten Böden (Kryosolen) enthalten sind, die durch die überdurchschnittlich starke Klimaerwärmung in der Arktis mobilisiert werden könnten [(113,115,116)] Manche sind Relikte (Paläomollisol) der letzten Eiszeit und enthalten mindesten doppelt so viel Kohlenstoff (C), wie derzeit in der gesamten Vegetation der Erde (450–920 Gt)[(247)] oder der Atmosphäre (830 Gt) [(248)] als Kohlendioxid (CO_2) enthalten ist. Im Permafrost Westsibiriens lagern 70 kt Methan, in der Tiefsee ungleich größere Mengen Gashydratvorkommen. Durch lokale Klimaveränderungen (+ 4°C innerh. von 40 Jahren in W.- Sibirien) könnten auch bei geringer globaler Erwärmung regional kritische Temperaturen erreicht werden. Sollte ein erheblicher Anteil dieses C als CH_4, N_2O und CO_2 freigesetzt werden, würde dies die atmosphärischen Konzentrationen ansteigen lassen, was zu höheren Temperaturen in der Atmosphäre führen würde. Diese Erwärmung würde wiederum noch mehr Methan und CO_2 freisetzen und und somit eine »positive Rückkopplung« auf die Klimaerwärmung darstellt [(113, 246)] Das Wort klingt ein wenig euphemistisch. Platt gesagt ist es ein Teufelskreis, der eine weiteren Teufelskreis antreibt[(5)]. Zudem hat das Tauen des Permafrosts auch Folgen auf Infrastruktur und auf die Biosphäre, da eishaltiger, bis in größere Tiefen dauerhaft gefrorener Untergrund nahezu Eigenschaften wie Festgestein besitzt und die Festigkeit von Stahlbeton übertreffen kann. Taut dieses Eis, wird der Boden schwach und instabil.
Es kommt zu Erdrutschen, vermehrten Felsabbrüchen in den Alpen[(197)], zu Verschwinden Seen, zu verstärkter Erosion von Permafrostküsten[(198)] und schweren Schäden an der Infrastruktur[(196, 197,198)], (durch das Entstehen von sog. Alassen {Siehe: Glossar) e.g. an Gebäuden, Pipelines, oder dem Verkehrsnetz. Eine Stabilisierung bei 1,5 Grad statt bei zwei Grad würde etwa zwei Millionen Quadratkilometer Dauerfrostboden bewahren.

B1 | Energiekonsument Ozean

Die Ozeane bedecken 71% der Erdenfläche, erzeugen die Hälfte des Sauerstoffs (O_2), den wir zum Atmen und zum Verbrennen fossiler Brennstoffe brauchen[234]. Die Ozeane liefern etwa 17 % des Verbrauchs an tierischem Eiweiß durch die Weltbevölkerung oder fast 20 % des Verbrauchs an diesem Eiweiß durch drei Mrd. Menschen.[234] Die Ozeane beheimaten Arten und Ökosysteme, die für Tourismus und Freizeit einen hohen Stellenwert besitzen. - Die reiche Artenvielfalt der Meere bietet Ressourcen für innovative Medikamente oder die Biomechanik. Marine Ökosysteme wie Korallenriffe und Mangroven schützen die Küstenlinien vor Tsunamis und Sturmfluten. Etwa 90 % der in der Welt benutzten Waren werden über die Ozeane verschifft. All diese Aktivitäten sind vom Klimawandel betroffen[234] Wir haben eine Meereskrise. Die Folgen des Klimawandels und der Versauerung der Meere werden durch andere Faktoren wie Überfischung, Lebensraumverlust und Verschmutzung in der Regel verschärft. Der Ozean steht am Rande des Kollaps, das größte zusammenhängende Ökosystem der Welt ist gefährdet. In weniger als 150 Jahren haben Treibhausgasemissionen zu solch beträchtlichen physikalischen und chemischen Veränderungen in unseren Ozeanen geführt, dass es tausende von Jahren dauern wird, diese umzukehren [113]. Hierfür gibt es eine Reihe von Gründen: Die Ozeane spielen in der globalen Klimadynamik eine wichtige Rolle. **Die Ozeane absorbieren 93 % der Wärme, die sich in der Atmosphäre aufbaut, und die daraus resultierende Erwärmung der Meere wirkt sich auf die meisten Ökosysteme aus[234a]. Etwa ein Viertel des gesamten Kohlendioxids (CO2) aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird von den Meeren aufgenommen.[234a]** Das entspricht laut der amerikanischen NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) der Energie von 100 Millionen „Bomben H“ typus Hiroshima, oder zehn Millionen schweren Stürmen und Orkanen, bzw. 100 Billionen Fässern Öl- mehr als es nach derzeitigem Stand gibt- und mehr als fünfzigmal mehr als in der Atmosphäre gespeichert ist[3,4,5,30].Wäre diese Energie nicht vom Ozean aufgenommen worden, hätte sich die Troposphäre um 22° erwärmt und unser Planet wäre wieder in seinen primitivsten Urtyp zurückgefallen. Johan Rockström, Professor am Stockholm Resilience Center erklärt, dass wir von heute auf morgen einen Temperaturanstieg von 36 zusätzlichen Grad hätten, würde die gesamte in den Ozeanen gespeicherte Wärme entweichen. Doch das trägt seinen Preis: denn **das Meer hat sich von 1880 bis 2015 um** *(scheinbar harmlose)* **0,8° C erwärmt.** Um diese Erwärmung umzukehren, müssen sich die wärmeren oberen Schichten der Ozeane mit den kälteren tieferen Schichten vermischen. Diese Vermischung kann bis zu tausend Jahre dauern.

B1.1 | Versauerung der Ozeane:

Der Ozean hat ungefähr 30% des emittierten anthropogenen Kohlendioxids aufgenommen und dadurch eine Versauerung erfahren. Einer der größten Unterschiede bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf die Meere im Vergleich zu denen auf dem Land ist die anthropogene Ozeanversauerung. Anthropogenes Kohlendioxid (CO_2) gelangt ins Meer, und chemische Reaktionen wandeln einen Teil davon in Kohlensäure um, die das Wasser ansäuert. pH ist ein dimensionsloses Maß des Säuregehalts. Ozeanversauerung beschreibt eher die Richtung der pH-Wert-Änderung als den Endpunkt. Das bedeutet, dass der pH-Wert des Meeres zwar abnimmt, es aber nicht erwartet wird, dass er saure Werte annimmt (pH<7).



Kapitel 3 Abbildung B1.1 | Bildquellennachweis : IPCC, 2013 (IPCC/WG1, Abb. SPM 8 (d)

Je nach Szenario könnte der pH-Wert des Wassers bis 2100 auf 0,14-0,35pH-Einheiten zurückgehen [Vgl.: Kapitel 3 B1.1 Abbildung 1]. All diese Änderungen gefährden das Meeresleben und können sich auf die Fähigkeit der Meere auswirken, die zahlreichen Funktionen auszuüben, die für die Gesundheit von Umwelt und Menschenlebens wichtig sind.

B1.2 | Verlust der Artenvielfalt

Es besteht allgemeiner Konsens unter Wissenschaftlern, dass sich der Klimawandel signifikant auf marine Ökosysteme auswirkt und möglicherweise tiefgreifende Folgen für die künftige Biodiversität der Ozeane hat. {vgl.: B3/B4.1/B4.2}

B1.3 | Meeresspiegelanstieg:

2. Dehnt sich warmes Wasser bekanntlich aus, worauf sich der Meeresspiegel zusätzlich erhöht {siehe: B3}

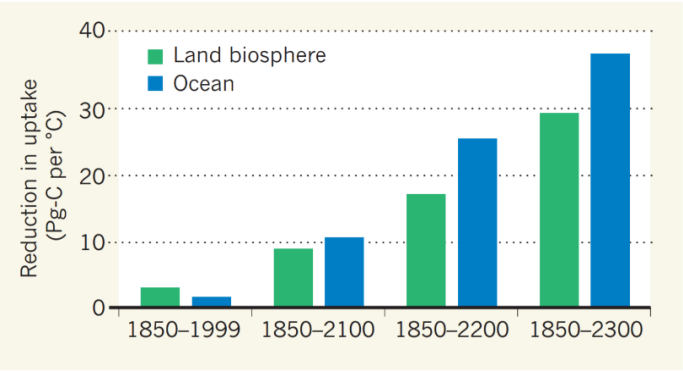
B1.4 | Wasserdampf-Rückkopplung:

Drittens: durch eine Erwärmung steigt die Verdunstung (die besonders über den Ozeanen sehr effektiv ist), wodurch der Wasserdampfgehalt in der Luft steigt. Wasserdampf ist das wichtigste Treibhausgas in der Erdatmosphäre. Der Beitrag von Wasserdampf zum natürlichen Treibhauseffekt gegenüber dem von CO_2 hängt von der Berechnungsmethode ab, doch von den meisten als zwei – dreimal größer errechnet [117]. Zusätzlicher Wasserdampf wird der Atmosphäre durch anthropogene Aktivitäten zugeführt, größtenteils aber infolge vermehrter Verdunstung durch höhere Temperaturen, doch auch aus bewässertem Nutzpflanzenanbau, oder infolge von Kraftwerkskühlung und geringfügig infolge der Verbrennung fossiler Brennstoffe sein. Man kann sich daher fragen, warum so ein starker Fokus auf CO_2 und nicht auf Wasserdampf als Antrieb des Klimawandels liegt. - Wasserdampf verhält sich in einer grundlegenden Weise anders als CO_2: Er kann kondensieren und sich niederschlagen. Wenn Luft mit hoher Feuchtigkeit abkühlt, kondensiert ein Teil des Wasserdampfes zu Wassertröpfchen oder Eispartikeln und fällt als Niederschlag aus. Die übliche Verweildauer von Wasserdampf in der Atmosphäre beträgt zehn Tage – hat also nahezu gar keinen Einfluss auf eine langfristige Klimaerwärmung. Zudem ist der Fluss von Wasserdampf in die Atmosphäre aus anthropogenen Quellen um einiges geringer als aus "natürlicher" Verdunstung, woraus sich Wolken bilden, die das Klima kurzfristig abkühlen. *Leider* wurde jedoch nachgewiesen, dass Pflanzen bei einem CO_2-Anstieg bis zu 15% weniger H_2O freigeben, worauf eine Verringerung der Wolkenbildung folgt, und sich sogar verstärkt erwärmend wirkende hohe Eiswolken bilden können[2001, 202].Zudem haben anthropogene Emissionen einen signifikanten Einfluss auf Wasserdampf in der Stratosphäre, der Schicht in der Atmosphäre oberhalb von etwa 10 km Höhe, und einen Strahlungsantrieb hat. Erhöhte Methankonzentrationen (CH_4) aufgrund von Aktivitäten des Menschen führen über Oxidation zu einer zusätzlichen Wasserquelle, was die beobachteten Veränderungen in dieser Schicht der Atmosphäre teilweise erklärt. Der Beitrag von stratosphärischem Wasserdampf zur Erwärmung, sowohl als Antrieb wie auch durch Rückkopplung, ist jedoch sehr viel kleiner als der durch CH_4 oder CO_2.

B1.5 | Ozeane nehmen kein CO_2 mehr auf:

Wenn sich die anthropogenen (menschengemachten) Treibhausgase bis 2100 kontinuierlich steigen, und dadurch die Temperaturen klettern, so könnte das Meer (ebenso wie auch die Wälder und Pflanzen) irgendwann kein oder wenigstens deutlich weniger CO_2 aufnehmen.

Warum? Weil warme Gewässer nicht so leicht Gas aufnehmen als kalte. Dadurch kann mehr vom Menschen verursachtes CO2 in der Atmosphäre verbleiben, wo es zu einer stärkeren globalen Erwärmung führt - ein verstärktes Klima-Kohlenstoff-Feedback[147,148].



Kapitel 3 B1.5 Abbildung 1 | Rückkopplung zwischen Klima und Kohlenstoffkreislauf. Bildquellennachweis : Joos, F. Growing feedback from ocean carbon to climate. *Nature* **522,** 295 (2015).

B1.6 | 55° 22'N, 38° 43'W: Nordatlantik; der mit dem Blob

Der komplette Golfstrom ist seit 1975 deutlich in die Knie gegangen. Eine Schwächephase, wie wir sie derzeit erleben, hat es seit min. 1100 Jahren nicht mehr gegeben. In Zukunft wird er sich weiter verlangsamen. Betroffen sind vor allem die Region zwischen Island und Neufundland, genau unter Grönland, wo sich eine eigenartige Zone mit deutlich kühlerem Wasser gebildet hat – der Cold Blob, die Kälteblase.

Die besten Schätzwerte und Bandbreiten für die Reduktion sind 11 % (1 bis 24 %) für 1.5°C (RCP2.6) und 34 % (12 bis 54 %) für 2°C (RCP8.5). Die globale Zirkulation ist als Kippelement eine ziemliche Wundertüte. Und so könnte – Überraschung! – Europa statt einer Abkühlung womöglich auch eine Art Turboerwärmung erleben, da sich die enormen Mengen an Salz und Wärme die der Agulhasstrom in der Gegend von Kapstadt in den Atlantik spuckt, in den letzten Jahrzehnten zunahmen; bedingt durch die globale Erwärmung[255].

B1.7 | Niederschlag, Überschwemmung und Hurrikane

TCs (Tropische Wirbelstürme) (>= 27 °C) und feucht-warme Luftmassen vorherrschen. Durch den Klimawandel steigt die Meerestemperatur und mit ihr die Luftfeuchtigkeit, und so werden die TCs können nur in bestimmten Regionen der Erde entstehen, nämlich überall dort, wo hohe Wassertemperaturen immer intensiver und werden in Zukunft an Heftigkeit gewinnen. {Siehe: Kapitel 3. C3 „Meteorologische Ereignisse: Stürme aller Art"}

> « Die großen Stürme, die sich seit den Siebziger Jahren über dem Atlantik und Pazifik bilden, haben an Dauer und Intensität um 50% zugenommen. »
>
> Massachusetts Institute of Technology(MIT) Studie (2005)[118] **Box 8**

→ Ob die Häufigkeit solcher Stürme auch im Zusammenhang mit der Erwärmung der Meere und der Luft ist, kann bis jetzt nur bei den stärksten Stürmen versichert werden. Die Anzahl tropischer Wirbelstürme könnte generell abnehmen, doch sie werden in Zukunft immer intensiver werden, wie die Wissenschaftler durch aktuelle Studie beweisen[219].
Und da es nicht auf der Stelle der Verdunstung regnet, kann es zu ungleichmäßigen Niederschlagsmustern kommen, was zu Dürren und Überschwemmungen führt.

B1.8 | Methanhydratfreisetzung durch die wärmer werdenden Ozeane

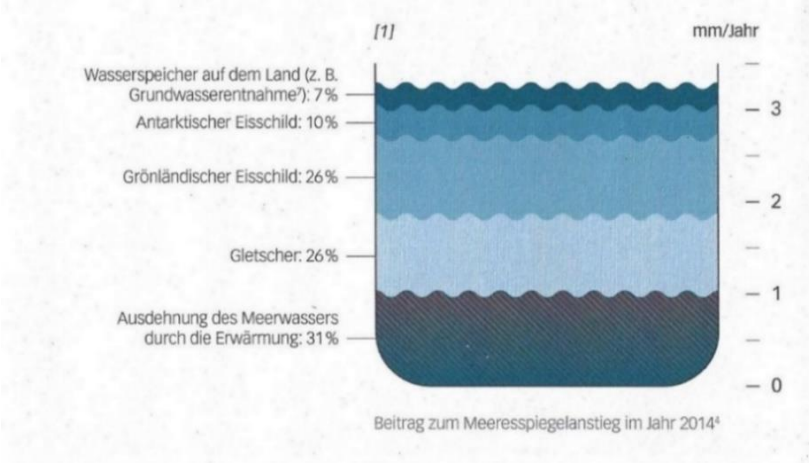
Auf dem Meeresboden ist in gigantischen Mengen Methan gelagert (~12 bio. t - mehr als 2x so viel C wie in allen Erdöl -, Erdgas – und Kohlenvorräten der Welt). Dort ist es an Methanhydrate gebunden – Eiskristallen, die Methanmoleküle enthalten. Methanhydrat kommt gewöhnlich in Tiefen von 500 bis 1000 m vor, wo seine Bedingungen von extrem tiefer Temperatur und sehr hohem Wasserdruck erfüllt werden können. Das Methanhydratvorkommen droht, infolge der durch die globale Erwärmung hervorgerufenen Druck- und Temperaturveränderungen im Ozean instabil zu werden, und zu entweichen – wobei sein Volumen um das 170fache zunimmt, da das Methanhydrat unter den extremen Druck- und Temperaturbedingungen extrem verdichtet wurde[5]. Mit dem Zerfall der Methanhydrate verringert sich weiterhin die Stabilität des Meeresbodens, und Hangrutschungen sowie Tsunamis können die Folge sein.[5, 257] Wer wissen will, was die Folgen von solchen Naturkatastrophen sein können, liest am besten einmal Frank Schätzings Bestsellerroman *Der Schwarm* durch. Jedenfalls hätten wir in diesem Fall eine wahre Hypererwärmung an der Backe.

B2 | Die Meeresspiegel steigen!

Die Geschwindigkeit des Meeresspiegelanstiegs seit Mitte des 19. Jahrhunderts war größer als die mittlere Geschwindigkeit in den vorangegangenen zwei, möglicherweise drei Jahrtausenden. Im Zeitraum 1901 bis 2010 ist der MW um 0,19 [0,17 bis 0,21] m gestiegen, und wird im 21. Jahrhundert weiter ansteigen, und wird die von 1971 bis 2010 beobachtete Geschwindigkeit des Anstiegs aufgrund der zunehmenden Ozeanerwärmung und des zunehmenden Massenverlustes von Gletschern und Eisschilden übertreffen.

- ✓ **Warum benutze ich Meeresspiegel im Abschnittstitel als Plural?**
  Der Meeresspiegel steigt nicht ganz gleichmäßig wie in einer Badewanne. Die stärksten Trends auf der südlichen Hemisphäre sind östlich von Madagaskar im Indischen Ozean, östlich von Neuseeland im Pazifik und östlich von Rio de la Plata / Südamerika im Südatlantik. Auf der Nordhalbkugel ist auch im Nordpazifik ein

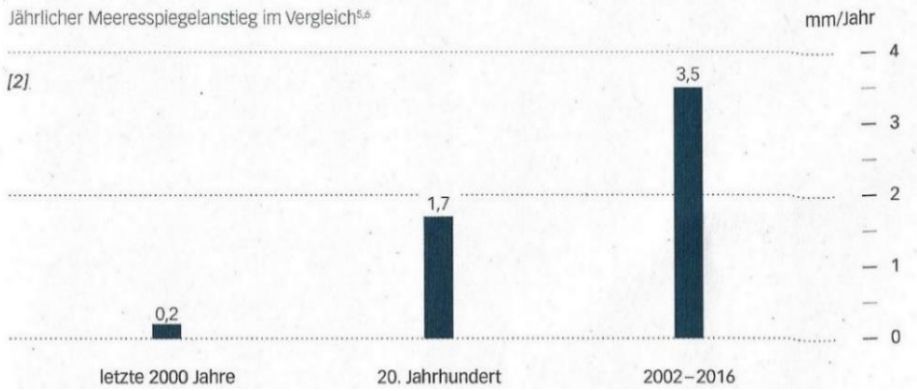
nach Osten gerichtetes, längliches Muster zu sehen. Vergangene und gegenwärtige Schwankungen in der Verteilung von Landeismassen beeinflussen die Form und das Schwerefeld der Erde, was ebenfalls regionale Schwankungen des Meeresspiegels verursacht.(frei zitiert nach: 117) Zudem erwärmen sich nicht alle Gewässer gleich schnell, was zu einer ungleichmäßigen Erhöhung der Meeresspiegel führt(3).



Kap. 3 B2 Abb.1 Quelle: Kleine Gase, Große Wirkung (Christian Serrer, David Nelles) Nach IPCC

Die global gemittelte Anstiegsgeschwindigkeit des Durchschnitt-Meeresspiegels von ~1,7 ± 0,3 mm pro Jahr während des 20. Jahrhunderts(169) – und etwa das Doppelte während der letzten zwei Jahrzehnte – mag klein wirken im Vergleich zu Beobachtungen von Wellen- und Gezeitenschwankungen rund um den Globus, welche beide weit über 10 Meter steigen können. Wenn diese Geschwindigkeiten jedoch über lange Zeit andauern, sind die Folgen dieser Größenordnung beträchtlich für stark bevölkerte, tiefliegende Küstenregionen, wo selbst bei geringem Meeresspiegelanstieg große Landflächen überflutet werden können. Nach der CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) aus Australien ist der Meeresspiegel durch all diese Beweggründe von 1880 bis 2013 um 23 cm gestiegen. Von 2013 bis ins nächste Jahr stieg der Meeresspiegel um weitere 3,3 mm.
Über noch längere Zeiträume kann der Meeresspiegel aus in Salzsumpfsedimenten erhaltenen Meerespflanzen, Treibholz, Wasserstandlinien an Küsten sowie aus Ansammlungen von Foraminiferen(winzigen planktonähnlichen Meereskreaturen – Bilder von Foraminiferen: https://www.tmsoc.org/photo-competition-and-calendar-2015-flickr/) rekonstruiert werden(168), da bestimmte Foraminiferen ihren bestimmten Tiefenlagen bevölkern, und man dann einfach erkennen kann, wie hoch der Meeresspiegel z.Z. der Ablagerung der Sedimentschicht lag(168).
Änderungsgeschwindigkeit des mittleren globalen Meeresspiegels ist im Kontext von Schwankungen über die Jahrhunderte der letzten zwei Jahrtausende ungewöhnlich. (149). Eine entsprechende Studie zum Nordatlantik zeigte bspw., dass die Anstiegsrate im 20. Jahrhundert dreimal so hoch war wie in jedem früheren Jahrhundert der zurückliegenden 2000 Jahre.(168) Eine weitere Studie kam sogar zu dem Ergebnis, dass dieser Anstieg der schnellste in fast 3000 Jahren war(171). Das letzte Mal, als die Polargebiete für längere Zeit ungefähr 1Grad Celsius wärmer waren als heute(vor etwa 125’000 Jahren), führten die Rückgänge der polaren Eismassen zu einem Meeresspiegelanstieg von 15 Metern(21). Der Meeresspiegel steigt immer schneller an(169):

Kapitel 3 B2 Abb. 2



Bis zum Ende des Jahrhunderts wird mit einem Meeresanstieg (je nach Berechnung) mit einem Anstieg zwischen 98 cm(47), 1,00 – 1,70m(152), 1,80m, 2,50 m und bei James E. Hansen {Siehe:S.28}, der meint, die große Eisschmelze gehe nicht unbedingt linear vonstatten, steigt der Meeresspiegel bei zehnjähriger Verdopplung bis 2067 um 1 Meter, bis 2090 um 5m; bei einer 5-jährigen Verdopplung dieselben Resultate für 2045 und 2057 und bei einer 7-jährigen Verdopplung 2055 und 2071.

B3: „Der Küstenmensch“

> « Man wird die Landkarten neu zeichnen müssen »
> Sir David King, wissenschaftlicher Berater der britischen Regierung (2004 Klimakonferenz Berlin)[8]
> Box 9

Bevölkerungsgruppen kleiner Inseln und/oder tief gelegener Küstengebiete sind speziell gefährdet, durch Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten von ernsthaften sozialen und ökonomischen Auswirkungen betroffen zu werden. In niedrig gelegenen Küstenzonen leben derzeit rund 680 Millionen Menschen (fast 10 % der Weltbevölkerung im Jahr 2010), laut Projektionen werden es schon im Jahr 2050 mindestens eine Milliarde sein.[51] Durch den kontinuierlichen Anstieg der Meeresspiegel werden sie in Stress gesetzt. Aufgrund der großen Trägheit und der langen Reaktionszeit von Teilen des Klimasystems wurde geschätzt, dass wir pro zusätzlichen Grad, den es seit vorindustriellen Zeiten gab, einen Meeresspiegel von ≅2,3 m, für die nächsten 2000 J. festgelegt haben, selbst wenn die globale Erwärmung nicht weiter fortschreiten würde[260]. Schon heute sind jährlich 10 Mio. an Küstenüberflutungen betroffen. An Orten, die derzeit schon nachteilige Folgen wie Küstenerosion und Überflutung verzeichnen, werden die gennannten sich in Zukunft noch wegen dem ansteigenden Meeresspiegel verschlimmern.

• Extreme Meeresspiegel (wie sie z.B. bei Sturmfluten auftreten) haben seit 1970 zugenommen, was hauptsächlich auf den Anstieg des mittleren Meeresspiegels zurückzuführen ist. Der projizierte Beistand von erhöhtem Meeresspiegel zu überdurchschnittlich hohen Küstenhochständen und einer sehr wahrscheinlichen Zunahme von Spitzenwindgeschwindigkeiten bereiten besonders für oft niedrig gelegene tropische kleine Inselstatten ein besonders groβes Problem.

• Die wirtschaftlichen und sozialen Kosten des Funktionsverlusts aller Küstenstädte sind praktisch nicht kalkulierbar.

• Wenn das gesamte Landeis wegschmelzen würde, würde der Meeresspiegel um etwa 81 m ansteigen, wobei die antarktische Eisdecke 73 m, die grönländische Eisdecke etwa 7,5 m und alle anderen Gletscher und Eiskappen etwa 0,5 m[150] zu diesem Anstieg beitragen würden. Sir David King, ein Berater Tony Blairs(ehemaliger Premierminister des UK), warnt: „Man wird die Landkarten der Erde neu zeichnen müssen!“

• Wenn die Weltmeere um 6 m steigen würde, verschwände halb Florida, die Bucht von San Francisco – und die Niederlande[8,25]

Die ff. Bilder zeigen, was passieren würde bei einem Meeresspiegelanstieg von 7 Metern, also allein durch das Schmelzwasser (Schmelzwasser war einmal Eis) des grönländischen Eisschildes.

Venedig und Manhattan stünden unter Wasser.

Kapitel 3 B3. Abbildung 1

Während Länder, Gegenden und Städte wie die Niederlanden, Manhattan, ganz Bangladesch, Kairo, Kalkutta, Jakarta, Italien, Sevilla in Spanien, Shanghai und Peking noch um ihr eigenes Stück Land kämpfen, ist es für andere bereits zu spät…
die niedrig liegenden pazifischen Inseln und Atolle, die manchmal nur einige Meter über dem Meeresspiegel liegen, wie zB. Die Badeparadiese Tonga, Fidschi (Fidschi: *Viti*) Kiribati und Vanuatu; machen einen Badegang![5] Ihr Grundwasser, das als Trinkwasser nützt und mit denen sie ihre Felder benetzten, haben Salz, Sand und Dreck geschluckt, dadurch könnten sie krank werden, und die Wettermachine Pazifik schickt ihnen Tropenstürme, die ihnen noch mehr Salzwasser in die Felder und Süβwasserreservoirs spülen: ihre Insel wird unwirtlich. Bis 2100 wird der globale mittlere Meeresspiegelanstieg laut modellbasierten Projektionen bei 1,5 °C globaler Erwärmung um etwa 0,1 m geringer als bei 2 °C sein. Oder um planer zu reden: eine Verringerung des globalen Meeresspiegelanstiegs um 0,1 m, würde bedeuten, dass bis zu 10 Millionen weniger Menschen den damit verbundenen Risiken ausgesetzt wären[46].Eine Milliarde Menschen sind für ihre Ernährungssicherheit auf Fisch und marine Wirbellose angewiesen und nutzen diese als wichtige Quelle für Protein und einige Mikronährstoffe. Fisch- und Schalentiere tragen etwa 17% zum Nichtkornprotein in der menschlichen Ernährung bei und transportieren mindestens 80% der internationalen Importe und Exporte. Ein Viertel der Weltbevölkerung verdient seinen Lebensunterhalt mit der Fischerei.[195] Die Folgen des Klimawandels in den Ozeanen erhöhen auch die Risiken für Fischerei und Aquakultur durch Folgen für die Physiologie, das Überleben, den Lebensraum. Wasser ist nährstoffarmer als kaltes und viele Fische wandern aus[51,91] (wie z.B. die thermale Verschiebung nach Norden der bestände an Nordseekabeljau (Gadus morhua) zwischen 1977 und 200[237]). Es besteht die Gefahr, dass die Produktivität der Fischerei nachlässt - bis 2050 um bis zu 40 %[195], da im Verein mit der globalen Erwärmung auch eine gewisse Abnahme des Wachstums und somit auch der Körpergröβe von Fischen, doch auch eine Veränderung des Verhaltens, der Immunabwehr, Fütterung, des Fortpflanzungserfolges und, ja, der Biogeographie prognostiziert wird[236]. „Todeszonen“ entstehen durch anhaltende hypoxische Bedingungen, unter denen das Wasser nicht ausreichend gelösten Sauerstoff für sauerstoffabhängige marine Arten beinhaltet. Diese Gebiete existieren überall auf der Welt und breiten sich aus – mit Folgen für Küstenökosysteme und Fischereien. Diaz & Rosenberg [235] verzeichneten weltweit 405 Todeszonen in Küstengewässern, die mit einer Fläche von 95.000 Quadratmeilen etwa der Größe Neuseelands betrafen. Die sich erwärmenden Ozeane werden zu einem Nährboden für giftige Algenblüten und Cholera[230]. Sowohl die allgemeine Erfahrung des alltäglichen Lebens als auch die wissenschaftliche Untersuchung zeigen, dass die schwersten Auswirkungen all dieser Umweltverletzungen vor allem die Armen und Nationen betreffen, die mehr lokal und regional aufgestellt sind, vor allem die Entwicklungsländer. So beeinträchtigt zum Beispiel die Erschöpfung des Fischbestands speziell diejenigen, die, die in niederen geographischen Breiten zu finden sind, da dort die Fischereiabnahme eben besonders stark nachgelassen hat, und die vom handwerklichen Fischfang leben und nichts besitzen, um ihn zu ersetzen(Die Industriestaaten können sich mit ihrem Heer von Fischerbooten und Fischern dadurch eher an die Veränderungen anpassen, dass sie die eben dorthin verlagern, wo die Fischbestände künftig sein werden); die Verschmutzung des Wassers trifft besonders die Ärmsten, die keine Möglichkeit haben, abgefülltes Wasser zu kaufen, und der Anstieg des Meeresspiegels geht hauptsächlich die verarmte Küstenbevölkerung an, die nichts haben, wohin sie umziehen können.
Diese Folgen sind jedoch laut Projektionen bei 1,5 °C globaler Erwärmung geringer als bei 2 °C. Ein globales Fischereimodell projiziert beispielsweise eine Abnahme des weltweiten jährlichen Ertrags der Meeresfischerei um circa 2,5 Millionen Tonnen bei 1,5 °C globaler Erwärmung verglichen mit einem Verlust von mehr als 4 Millionen Tonnen bei 2 °C globaler Erwärmung[101].

B4: Küstennahe marine Ökosysteme

B4.1 | Korallenriffe

Eines der verwundbarsten Biome (Hotspots) überhaupt, die Warmwasserkorallenriffe, sind nicht nur Lebensräume mit der höchsten biologischen Vielfalt der Welt und Kinderstube für einen Viertel aller Meeresfische sondern haben auch eine wichtige Bedeutung für den Menschen. Durch die Erwärmung und die Versauerung der Ozeane bleichen die Korallen aus, weil sie ihren Energieproduzenten, die einzelligen Algen, verlieren. Diese Änderungen sind bereits eingetroffen und werden sich in Zukunft *praktisch sicher* verstärkt fortsetzen.

Die Meeresumgebung ist in vielerlei Hinsicht einzigartig. Die große Artenvielfalt in lokalen Gebieten tropischer Regenwälder und Korallenriffe ist legendär und ist nirgendwo anders zu finden. Marine Mikroorganismen sind die ältesten Lebensformen der Erde. 95% der seeischen Artenvielfalt ist uns Menschen nicht einmal bekannt und die Ozeane nahezu unerforscht. Korallenriffe sind bedeutende Faktoren für den Tourismus, und somit auch für die Wirtschaft; sorgen für viele Fische und sind aus diesem Grund nicht nur eine unermessliche Nahrungsquelle für die Menschen vor Ort, sondern sind auch in der Meeresbiologie von unentbehrlichem Wert[3,4]. Auβerdem tragen die tropischen Korallenriffe eine essentielle Rolle beim Thema Küstenschutz, da ihre komplexe Struktur den Inselbewohnern von tiefliegenden Atollen einen natürlichen Schutz vor groβen Wellenbrechern sowie vor Erosion (Abtragung durch Wind und Wasser) gibt.[60] Korallenriffe können beispielsweise die Energie von Wellen um 97% reduzieren[156]. Die meisten Korallen enthalten spezifische photosynthetische epithetische Algen, sogenannte Zooxanthellen, die in der transparenten Membran leben, das ihr Skelett bedeckt. Diese Algen versorgen die Korallen nicht nur mit essentiellen Nährstoffen, sondern sind auch für die wunderliche Färbung der Koralle verantwortlich[78,79]. Die Korallenbleiche, der Vorgang, der bunte, farbenprächtige Korallenriffe in graue Skelette verwandelt,- tritt auf, wenn die wegen der Erwärmung, (obwohl an tropische Bedingungen gebunden, vertragen Korallen keine hohen Temperaturen) Versauerung [B1]und Verschmutzung der Meere unter Stress gesetzte Koralle jene Algen ausstöβt, und darauf das Skelett sichtbar wird und auf einen baldigen Tod der Koralle hinweist, da sie nicht mehr ausreichend mit Nährstoffen versorgt wird[3,8,79,82,83]. Wenn es nur eine kurzfristige Marine Hitzewelle (MHW) ist, können sich die Korallenriffe erholen. Sind es aber langfristige, können sie sich nicht erholen. Die Risiken klimabedingter Folgen sind (laut Projektionen) bei 2 ° höher als diejenigen bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C[51].

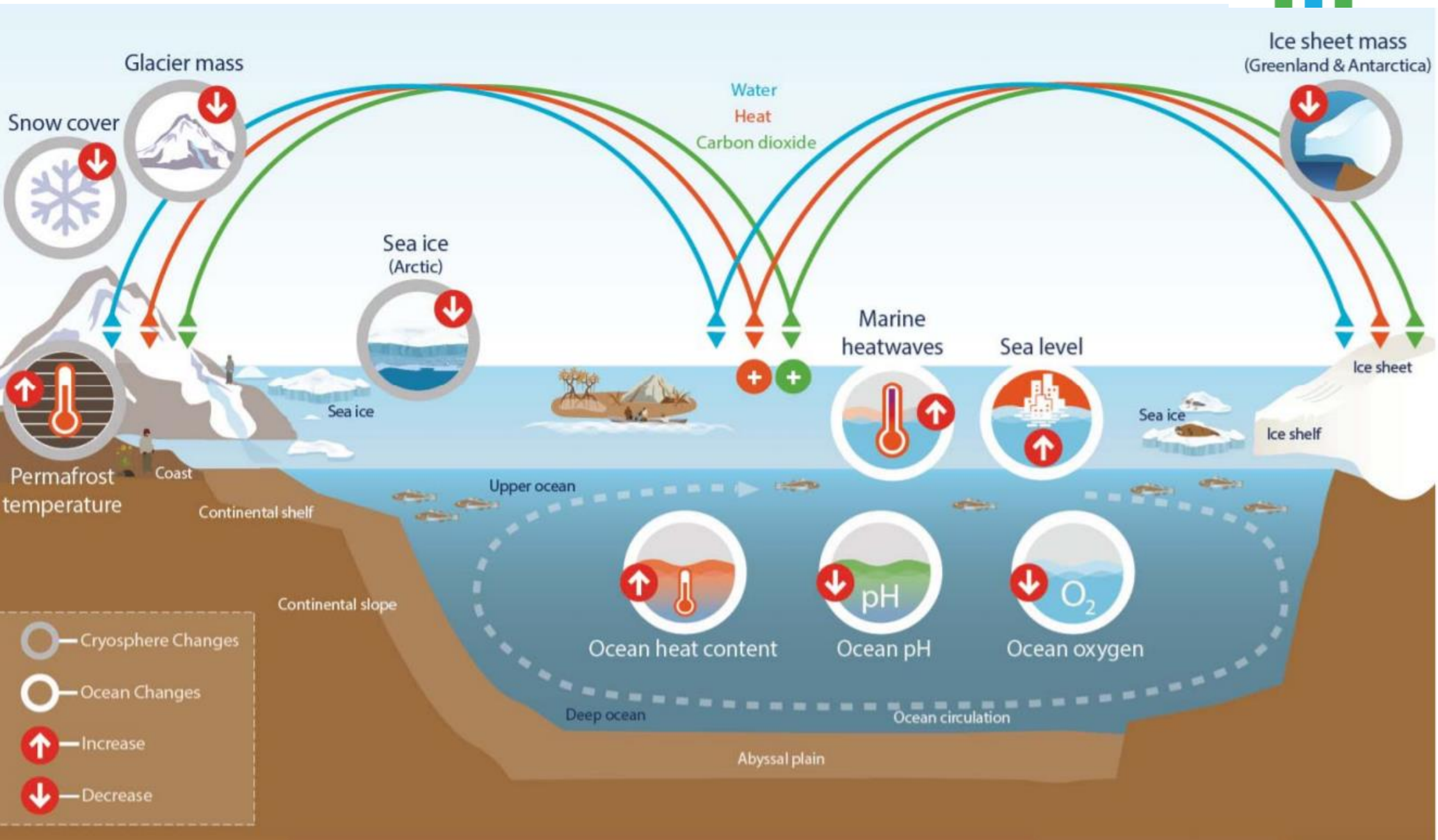
Zum Beispiel werden Korallenriffe bei 1,5 °C um weitere 70–90 % zurückgehen, mit höheren Verlusten (>99 %) bei 2 °C.

B4.2 | Mangroven

Sehr ähnlich mit den Korallenriffen, sind auch die Mangroven Hotspots und Heimat tausender Arten. Auch sie werden vom Klimawandel stark bedroht. Lufttemperatur, Niederschlagsmengen und abrupte Meeresspiegeländerungen beeinflussen die Verbreitung von Mangroven weltweit.

In ähnlicher Weise wie die Korallenriffe leisten uns auch auch Mangroven, die „Wälder zwischen Meer und Land“[159] unzählige Dienste: sie bieten eine natürliche Barriere, die Schadstoffe filtert und Sedimente stabilisiert, um die Küsten vor Erosion zu schützen, ihr Wurzelwerk und das sich zwischen den Wurzeln sammelnde Sediment sind Lebensraum und Kinderstube zahlreicher Organismen; Mangroven sind wichtige Laich- und Aufwuchsgebiete für Fische(mehr als 3000 Fischarten) Krebse und Garnelen, sind beliebte Touristenattraktionen, liefern vorzügliches Bau- und Brennholz, sind die Existenzgrundlage (livelihoods) von rund 120 Mio. Menschen[159], ihr Kohlenstoffspeicherungspotenzial ist 3-5 so hoch als das von Tropenwäldern an Land[159,160] und sie tragen auch zur Gesundheit der Korallenriffe bei, indem sie das Wasser filtern[157] Doch auch die Mangroven sind, so wie die Korallenriffe, werden vom Klimawandel stark bedroht. Lufttemperatur und Niederschlagsmengen beeinflussen die Verbreitung von Mangroven weltweit [161] ; abrupte Veränderungen des Meeresspiegels sind eine Hauptursache für deren lokales und regionales Aussterben[161].

Folgen des Klimawandels auf Ozean und Kryosphäre in einem Blick



C

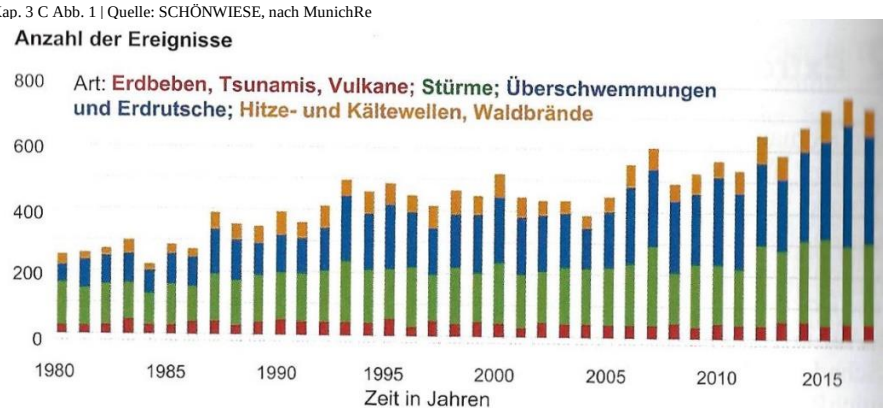
C.: Extremereignisse: Wetter und Klima und die Gesundheit des Menschen

Es gibt starke Belege dafür, dass die Erwärmung der Erde seit Mitte des 20.Jahrhunderts zu Änderungen der Temperaturextreme – einschließlich Hitzewellen – geführt hat. Wahrscheinlich haben in diesem Zeitraum auch Starkniederschläge zugenommen, allerdings unterscheiden sich die Zunahmen je nach Region. Für andere Extreme, wie beispielsweise die Häufigkeit tropischer Wirbelstürme, kann jedoch nicht mit Sicherheit gesagt werden, dass es während des Beobachtungszeitraums erkennbare Änderungen gegeben hat, abgesehen von einigen begrenzten Regionen. Wetter- und Klimaereignisse werden als extrem bezeichnet, wenn sie heftiger als gewohnt ausfallen, oder einen gewissen Rahmen oder die Grenze überschritten haben und eigentlich rar sein sollten und nur mit geringer Wahrscheinlichkeit auftreten sollten.

Ein sich änderndes Klima führt zu Änderungen der Häufigkeit, Intensität, räumlichen Ausdehnung, Dauer und des Zeitpunkts von Wetter- und Klimaextremen und kann zu früher als beispiellos geltende Extremen führen(228). Grund dafür ist hier in Europa vor allem die Jetstream-Abschwächung und Verwirbelung aufgrund der wärmer werdenden Arktis(5) (wodurch der Luftaustausch geschwächt wird) und dem anthropogenen Einfluss auf die Ozonschicht(256). Einige Wissenschaftler befürchten sogar, dass der Jetstream ganz stehen bleiben könnte, was uns wahrscheinlich in Zukunft noch weiter Extreme bescheren wird.

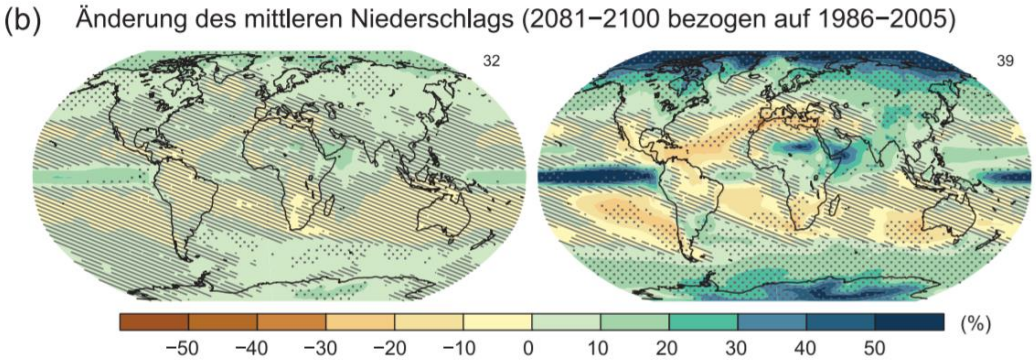
Kapitel 3 C Abb. 1 Gibt die Anzahl der Schadensereignisse an, wie sie von der Münchener Rückversicherung (MunichRe) seit 1980 weltweit erfasst worden ist. Die Anzahl der Schadenereignisse hat sich deutlich vergrößert! (Tsunamis & Vulkanausbrüche sind übrigens nicht vom Klima beeinflusst.)

Kap. 3 C Abb. 1 | Quelle: SCHÖNWIESE, nach MunichRe



C1 | Wie wird sich der Wasserkreislauf der Erde ändern?

Es ist wahrscheinlich, dass anthropogene Einflüsse den globalen Wasserkreislauf seit 1960 beeinflusst haben. Änderungen im globalen Wasserkreislauf als Folge der Erwärmung im 21. Jahrhundert werden nicht einheitlich sein. Die Gegensätze in den Niederschlägen zwischen trockenen und feuchten Regionen und zwischen feuchten und trockenen Jahreszeiten werden zunehmen, auch wenn es regionale Ausnahmen geben kann. Eis in jeglicher Form wird schneller schmelzen und weniger weit verbreitet sein. {vgl.: Kap.2, A} Die Atmosphäre wird mehr Wasserdampf beinhalten und Beobachtungen und Modellierungsergebnisse weisen darauf hin, dass dies bereits der Fall ist {vgl.: B1.4 Wasserdampf-Rückkopplung}.



Kap. 3 C1 Abbildung 1 | Bildquellennachweis : IPCC, 2013 (WG1 Abbildung SPM8)

Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts könnte die durchschnittliche Menge an Wasserdampf in der Atmosphäre um 5 bis 25 % ansteigen, je nach Menge anthropogener Treibhausgasemissionen und strahlungsaktiver Partikel wie Rauch. Wasser wird schneller von der Erdoberfläche verdunsten. Der Meeresspiegel wird aufgrund der Ausdehnung des sich erwärmenden Meerwassers und des in den Ozean fließenden schmelzenden Landeises steigen {Vgl.: B2 | Die Meeresspiegel steigen}

Zu dem Aspekt des Niederschlags, auf den ich hier eingehen will: Projizierte Klimaänderungen (schematisch dargestellt in 3C1 | Abbildung 1) zeigen im Allgemeinen eine Zunahme des Niederschlags in Teilen der inneren Tropen und der polaren Breiten. Die Stärke der extremen Niederschläge klettert entsprechend nach oben, nach der sog. Clausius-Clapeyron Beziehung, nimmt mit jedem Grad Erwärmung die Stärke dieser Niederschläge um 7% zu. Diese Zunahme könnte unter dem extremen Emissionsszenario bis zum Ende des 21. Jahrhunderts 50% überschreiten. Im Gegensatz dazu könnten große Gebiete der Subtropen Abnahmen um 30% oder mehr erfahren. Ganz egal, ob es sich um Regen, Gefrierregen, Schnee oder Hagel dreht, extremer Niederschlag kann erhebliche Schäden verursachen[(229)]. In den Tropen scheinen diese Änderungen durch Zunahmen des atmosphärischen Wasserdampfs und Änderungen der atmosphärischen Zirkulation gesteuert zu werden, die den Wasserdampf in den Tropen weiter anreichern und damit mehr tropische Regenfälle und Monsune begünstigen. In den Subtropen unterstützen diese Zirkulationsveränderungen gleichzeitig eine Abnahme der Regenfälle trotz Erwärmung. Da die meisten Wüsten der Erde in den Subtropen beheimatet sind, implizieren diese Änderungen zunehmende Aridität in bereits trockenen Gebieten und eine mögliche Ausdehnung von Wüsten[(113)].

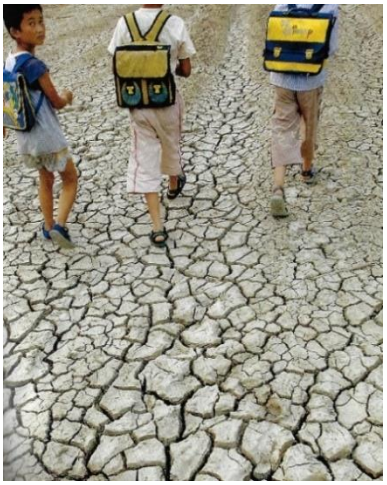
Zunahmen in höheren Breiten werden von höheren Temperaturen bestimmt, die mehr Wasser in der Atmosphäre zulassen und damit mehr Wasser, das als Regen fallen kann. Das wärmere Klima lässt außerdem außertropische Sturmsysteme mehr Wasserdampf in die höheren Breiten transportieren, ohne dass sich dabei die typische Windstärke wesentlich ändern müsste. Als Beispiel hier der Mittelmeerraum, der im Sommer 2019 von einer Reihe schwerer Gewitter (TS – Thunderstorm) heimgesucht wurde, darunter in der Nähe von Thessaloniki (Griechenland) vom 10. bis 11. Juli mit sieben Todesfällen und in Korsika (Frankreich) am 15. Juli, als in sechs Minuten 30 mm Regen gemeldet wurden. Hier in Luxemburg hervorgerufene Schäden durch Starkregen: „Im gesamten Großherzogtum öffnete der Himmel am 1. Juni 2018, einem Freitagmorgen, seine Schleusen und wolkenbruchartige Niederschläge gingen über dem Land nieder[8]“: zwischen Mitternacht und 6 Uhr morgens in Bollendorf 63 *l*/m^2, in Echternach 52 *l* und in Waldbillig 67 *l*. In Wasserbillig fielen sogar 72 Liter pro Quadratmeter. Wie bereits ausgeführt, sind Änderungen in den hohen Breiten in den kalten Jahreszeiten stärker ausgeprägt. Ob eine Landregion trockener oder feuchter wird, hängt teilweise von Niederschlagsänderungen ab, aber auch von Änderungen der Oberflächenverdunstung und der Transpiration von Pflanzen (zusammen als Evapotranspiration bezeichnet) Da eine wärmere Atmosphäre mehr Wasserdampf halten kann, kann sie größere Evapotranspiration hervorrufen, wenn ausreichend terrestrisches Wasser vorhanden ist. Die zunehmende Verdunstung führt zu einem höheren Risiko von Überschwemmungen, Starkregen und Hochwasser [(217,218)]. Allerdings verringert ein höherer atmosphärischer Kohlendioxidgehalt die Neigung der Pflanze, Feuchtigkeit an die Luft abzugeben, was dem Effekt durch die Erwärmung teilweise entgegenwirkt.

[8] Frei zitiert nach « Luxemburger Wort“, 01.06.2018 : Katastrophale Folgen nach sintflutartigem Regen

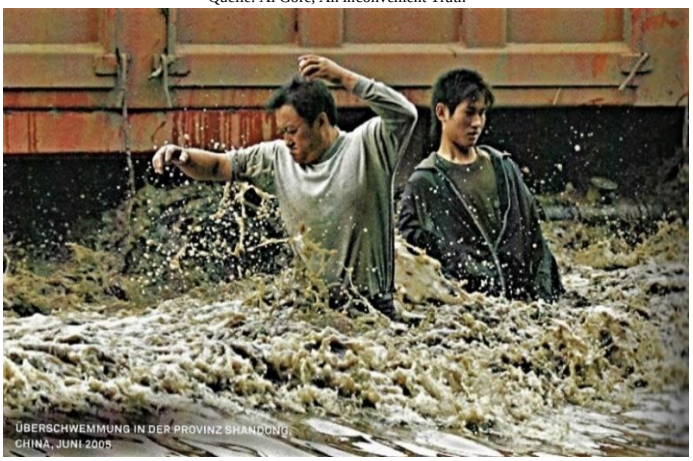
C.2: Dürren und Überschwemmungen

Projektionen zufolge wird der Klimawandel die Häufigkeit und das Ausmaß von Überschwemmungen und Dürren verändern. Während die einen mit Dürren und Durst zu kämpfen haben, werden andere fortwährend durch sog. Hydrologische Ereignisse geplagt: Überschwemmungen, Schlammlawinen und Hangrutsche u.Ä. infolge von Starkniederschlägen. Die Folgen werden voraussichtlich von Region zu Region unterschiedlich sein. Die wenigen vorliegenden Studien weisen darauf hin, dass die Überschwemmungsgefahr in mehr als der Hälfte der Welt ansteigen wird, insbesondere in Mittel- und Ostsibirien, Teilen von Südostasien einschließlich Indien, dem tropischen Afrika und dem nördlichen Südamerika, wohingegen für Teile von Nord- und Osteuropa, Anatolien, Mittel- und Ostasien, das zentrale Nordamerika und das südliche Südamerika Rückgänge vor ausgesagt sind. Überschwemmungen durch Schneeschmelze im Frühjahr werden wahrscheinlich geringer ausfallen, da sowohl weniger Winterniederschlag als Schnee fallen wird, als auch mehr Schnee im Laufe des gesamten Winters während Tauwetterperioden schmelzen wird. Jedenfalls werden die Schäden durch Überschwemmungen weltweit zunehmen, weil mehr Menschen und mehr Vermögenswerte in Gefahr sein werden.
Erwähnt seien exemplarisch: Indien, Juni 2013, 5.500 Tote, Schäden 1,5 Mrd. US$; Indien und Pakistan September 2014, 665 Tote, Schäden 5,1 Mrd. US$; Juni/Juli 2016, China, 237 Tote, Schäden 20 Mrd. US$. [4,35]. Das für mich das schlimmste und schockierenste Ereignis das durch eine langanhaltende Dürre ausgelöst wurde, sind die 50 000 Tote, die in Äthiopien zu beklagen waren. In China, einer der ältesten Zivilisationen der Erde, verzeichnet in seiner langen Geschichte viele Überschwemmungen.
So wurde 2005 Shangdong überschwemmt, während die Nachbarprovinz Anhui unter anhaltender Dürre leidete.[8]

Kap. 3 Abbildung1.C.1 Quelle: Al Gore, An inconvenient Truth

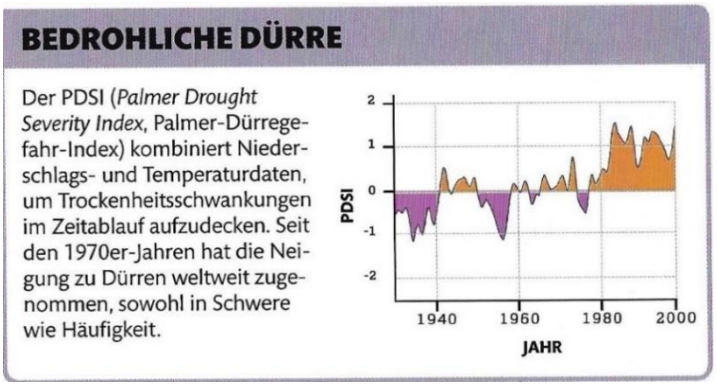


Die Provinz Anhui



Die Provinz Shangdong

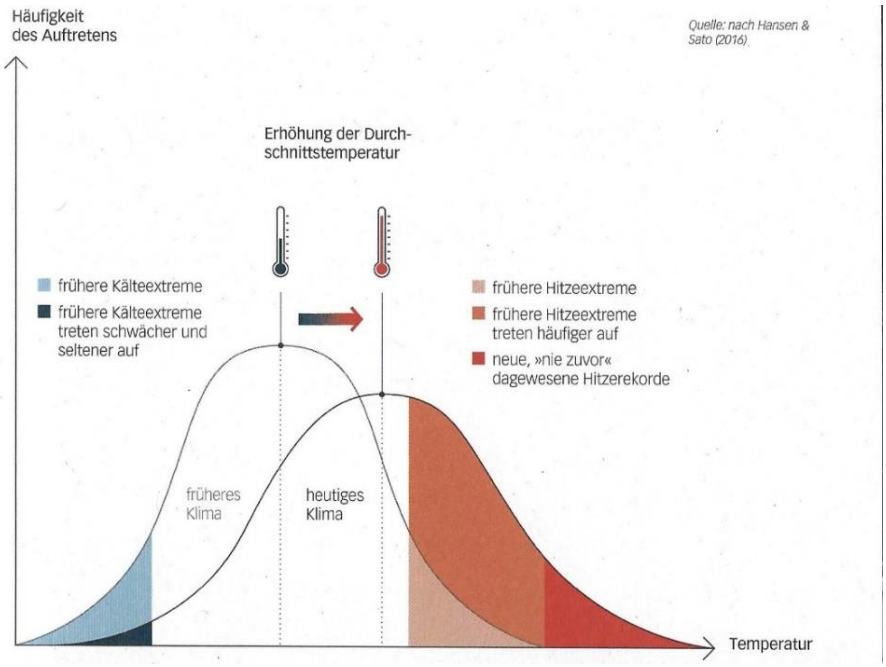
Dürren treten dadurch auf, wenn es länger nicht regnet und die Sonne warm auf den Boden scheint und ihm alle Bodenfeuchte entzieht. Dadurch wird der Boden rissig und der kann kein Wasser mehr aufnehmen[1,3,4,8].Vielmehr wird, wenn es dann einmal regnet, die oberste Schicht, welche noch ein wenig fruchtbar war, weggespült.[1] Die Menschen, die in solchen Dürregebieten können nichts machen, um die Wüstenbildung aufzuhalten.



Kapitel 3 Abbildung 1.C.2 | Quelle : nach Hansen und Sato, 2016 ; hier bei D. Nelles und C. Serrer (2018)

C2: Hitze und Kälte

Durch den Klimawandel steigt die Zahl der Hitzerekorde und Hitzewellen. Globale Klimamodelle sagen eine Zunahme der Häufigkeit und Schwere von Hitzewellen voraus.



Extrem kalte Tage werden in den mittleren Breiten bei 1,5 °C globaler Erwärmung um bis zu etwa 3 °C wärmer und bei 2 °C bis zu etwa 4 °C wärmer, während extrem kalte Nächte in den hohen Breiten bei 1,5 °C bis zu etwa 4,5 °C und bei 2 °C bis zu etwa 6 °C wärmer werden; die wenigen Ausnahmen stellen die Mitte und der Osten Nordamerikas sowie das südliche Südamerika dar, allerdings vor allem bezüglich der Tagestemperaturen. Diese Änderungen zeigen sich vor allem in den extremen Tiefsttemperaturen, beispielsweise Nächten und im Winter – Winter vor allem über dem westlichen Nordamerika, Skandinavien und Sibirien[2]. Im Jahr 2019 gab es auch zahlreiche große Hitzewellen. Zu den bedeutendsten gehörten zwei Hitzewellen, die Ende Juni und Ende Juli in Europa auftraten. Die erste erreichte seine maximale Intensität in Südfrankreich, wo am 28. Juni in Vérargues (Hérault) ein nationaler Rekord von 46,0 ° C (1,9 ° C über dem vorherigen Rekord) aufgestellt wurde. Es betraf auch einen Großteil Westeuropas. Der zweite war umfangreicher: Die nationalen Rekorde wurden in Deutschland (42,6 ° C), den Niederlanden (40,7 ° C), Belgien (41,8 ° C), Luxemburg (40,8 °C) und dem Vereinigten Königreich (38,7 ° C) aufgestellt. Die Hitze schwappte auch auf die nordischen Länder über, in denen Helsinki am 28. Juli mit 33,2 ° C die höchste gemessene Temperatur (TX) verzeichnete [5,129]. Durch das häufigere Auftreten von Hitzewellen, Rekord-Temperaturen, Trocken- Hitzejahre und exzessiv heiβe Sommer und wärmere Winter werden beim Menschen immer häufiger negative Nebeneffekte beobachtet. Solche Hitzewellen hatten bereits viele Opfer verursacht. 2003; ein ungewöhnlich heiβer Sommer in West- und Mitteleuropa (vor allem Frankreich[233])der (mit dem Juli 2010) den 500 Jahre langen saisonalen Temperaturrekord über 50% Europas brach[232], hatte in Europa 71 443 Todesfälle zur Folge[63,68,77]. Nach der spanischen „Fundación DARA Internacional“ gaben es 2010 ungefähr 35.000 Tote bedingt durch Hitze[61]. **Dehydrierung** kann eine Folge des häufigeren Auftretens von Hitzewellen sein, und führt zu Kopfschmerzen, Konzentrationsmangel und Schwindel, worauf man direkt trinken muss, da es sonst zum **Hitzeschlag** führt- einem medizinischen Notfall, (bewusstlos, Erbrechen und Kreislaufstörungen). Wenn die Hauptsymptome auftreten, sollte man direkt den Notarzt rufen. Wenn der Körper die Temperatur von 42° C übersteigt, tritt der **Hitzetod** ein[19]. Er wird generell durch zu langen Aufenthalt in der exzessiven Hitze heraufbeschwört.
Ältere und Jüngere/übergewichtige Menschen sind besonders vulnerabel, ebenso wie der Gebrauch bestimmter Drogen/ Medikamenten auch das Risiko für Dehydrierung erhöht.[230, 231] Städte und städtische Ballungsgebiete (dessen Anteil an den globalen CO2-Emissionen ca. 44 %.beträgt[143]) sind besonders stark Hitzewellen, Katastrophen und Überschwemmungen betroffen[152,239], (kann zu 10°C wärmer - über unbeb. Uml. Kommen[152]) da dichte Bebauung und hohe Oberflächensiedlung dazu führen, dass die Städte tagsüber sehr viel Sonnenenergie absorbieren und in den Gebäuden speichern, und immer weniger kühlende Grünflächen vorkommen- dieser Effekt wird auch noch „Wärmeinseleffekt“ (städtische Wärmeinsel – urban heat island UHI) genannt.[3,49,65,70,88] Das ist schon eine dumme Sache in dem „Jahrhundert der Metropolen“, in dem mehr als 50% der Weltbevölkerung in Städten leben und in Europa sogar über 80%[152,238].

C3: Meteorologische Ereignisse: Stürme aller Art

Die Meere werden wärmer, und die Stürme stärker[4,5,7,22,31,33,34,35,37,38,73]. Es ist zwar nicht sicher, ob die Stürme in Zukunft an Anzahl gewinnnen könnten, doch es besteht einen eindeutigen Konsens, dass die Erwärmung den Hurrikanen zusätzliche Stärke verleiht. Und man kann es ganz eigenständig selbst bestätigen, denn es gibt einen deutlich ansteigenden Trend, wenn auch einige Jahre abstechen und besonders schlimm waren: 2004 wird Brasilien von einem Hurrikan heimgesucht. Das gab es noch nie! Groβe Verwirrung bei den Wissenschaftlern.

Und dann kam 2005 mit Monsterstürmen und Riesenschäden: Katrina, Rita und Wilma mit Gesamtschäden von 163 Mrd. US$ (83 Mrd. Dollar gesichert) – allein Hurrikan Katrina kostete mit 125 Mrd. US$ ein Vermögen und 1 322 Menschen das Leben!

2017 schlug eine weitere Hurrikanserie zu Buche (Harvey, Irma, Maria), die in der Karibik und den USA Schäden in Höhe von 220 Mrd. US$ zur Folge hatte, sowie 324 Tote.

Hurrikan Harvey brachte soviel Regen mit, wie seit 1000 keinen mehr gegeben hat. Mit Gesamtschäden von etwa 95 Mrd. US-Dollar geht er als zweitteuerster Hurrikan nach Katrina in die Weltgeschichte ein.[36]

Bildnachweis: MunichRe, Topics 2017

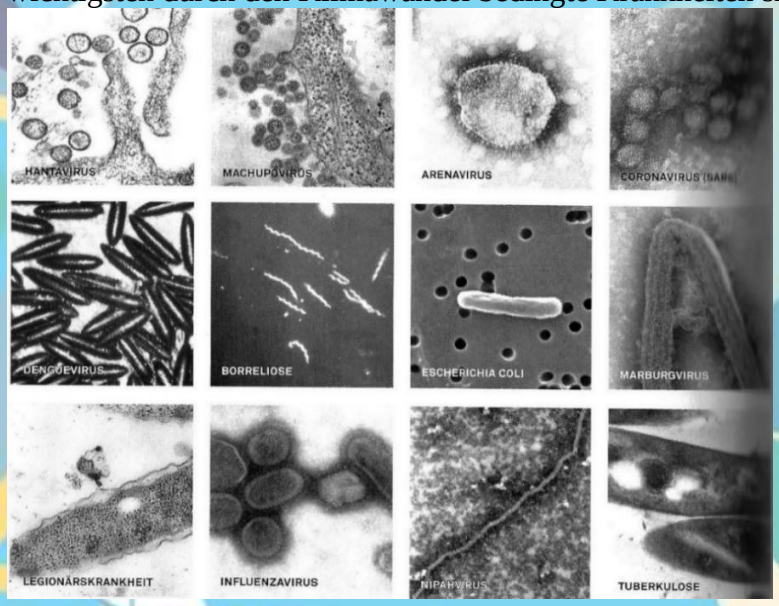
C4 | Weitere Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Menschen

Der Klimawandel wirkt sich auf vielfältige Weise auf das Leben und die Gesundheit des Menschen aus. Es bedroht die wesentlichen Bestandteile einer guten Gesundheit - saubere Luft, sauberes Trinkwasser, nahrhafte Lebensmittelversorgung und sicherer Schutz - und kann den jahrzehntelangen Fortschritt in der globalen Gesundheit untergraben. Zwischen 2030 und 2050 wird der Klimawandel voraussichtlich etwa 250 000 zusätzliche Todesfälle pro Jahr verursachen, die auf Unterernährung, Malaria, Durchfall, Luftverschmutzung und Hitzestress zurückzuführen sind[189].

Extremwetterereignisse und auch das Schmelzen der Gletscher und das wärmere Meer bergen tausende und abertausende Risiken für die menschliche Gesundheit. Extremwetterereignisse wie Stürme, Starkregenereignisse, Erdrutsche, Lawinen und Überschwemmungen können zu Verletzungen und einem vermehrten Ausbruch wasserbedingter Infektionskrankheiten führen, viel zu oft auch zum Tod. Es gibt Formen der Umweltverschmutzung, durch die die Menschen täglich geschädigt werden. Den Schadstoffen in der Luft ausgesetzt zu sein, erzeugt ein weites Spektrum von Wirkungen auf die Gesundheit – besonders der Ärmsten – und verursacht Millionen von vorzeitigen Todesfällen[16]. Viele Studien haben auch gezeigt, dass die Inzidenz der häufigsten Hintergrundkrankheiten des SARS Cov2, dessen Ausbruch 2019 – 2020 Millionen von Todesfälle verursacht hat(Bluthochdruck[183], Diabetes[183], kardiovaskuläre Krankheiten[184,185,186,22,62,69,70], Vorhofflimmern[185], chronisches Nierenversagen[187]) u.a. durch eine lange Exposition{Siehe Glossar} gegenüber höheren Temperaturen und Luftverschmutzung, insbesondere Distickstoffmonoxid(NO_2) verursacht werden kann[182,188]. „Globale Verdunklung“: durch unsere Emissionen verdunkelt sich die Welt - Gebiete mit hoher Luftverschmutzung sind um 10% dunkler als Gebiete mit sauberer Luft. Unser derzeitiges kohlenstoffintensives Energiesystem und die damit verbundenen Aktivitäten verursachen jedes Jahr schätzungsweise 4,5 Millionen Todesfälle im Zusammenhang mit Luftverschmutzung, gefährlichen Berufen und Krebs. Laut einer Studie der Fundacíon DARA internacional 2013 kostet das sich ändernde Klima auf der Erde die Weltwirtschaft 1,2 Billionen US-Dollar pro Jahr und tötet 1.000 Kinder pro Tag. Durch eine zerstörte Umwelt und daraus folgender Mangelernährung und Krankheiten kann der Klimawandel bis zum Jahr 2030 jährlich den Tod von 600 Mio. Menschen verursachen, wie aus dem Bericht zu den Auswirkungen des Klimawandels hervorgeht. Ferner begünstigen höhere Temperaturen auch die Bildung von bodennahem Ozon, welches durch Angriff auf die Lungen dessen Funktion verringern kann und die Fallsterblichkeit bei Coronavirus erhöht (COVID 19=Lungenkrankheit)[3,44,66,70,71] Pollen und andere aeroallergene Konzentrationen sind bei extremer Hitze ebenfalls höher. Sie können dann Asthmaanfälle auslösen, eine Krankheit, von der rund 300 Millionen Menschen betroffen sind. Ein Mangel an sauberem Wasser kann die Hygiene beeinträchtigen und das Risiko für Durchfallerkrankungen erhöhen, bei denen fast 500.000 Kinder unter 5 Jahren pro Jahr sterben. Eine weitere Gefahr ist das sehr gesundheits- und umweltschädliche Quecksilber, das massenweise in Permafrostböden enthalten ist, und beim Tauen freigesetzt werden könnte[249]. Mit einem zunehmenden Bewusstsein für die klimabedingten Veränderungen in unserer Umwelt steigt auch das Bewusstsein für deren Auswirkungen auf Uns [66,226,227]. Es wurde mehrmals auf die Beeinträchtigung der mentalen Gesundheit (so wie z.B. steigende Angst und Stress) aufgrund des Klimawandels hingewiesen[66,226,227]. Auch unseren kognitiven Fähigkeiten werden von den CO_2 -Konzentrationen der Luft beeinträchtigt. [5]Die Kluft zwischen reichen und armen Nationen vergrößert sich - nicht schrumpft - und angesichts der gegenwärtigen und

institutionellen Trends gibt es wenig Aussichten/Vorkehrungen, dass dieser Prozess umgekehrt wird. Das führt dazu, dass in Zukunft in Entwickelungsländern, die das Geld nicht besitzen, um sich anpassen zu können, immer mehrere Totenfälle geben wird. Eine Metaanalyse von 56 Studien kam 2014 zu dem Schluss, dass jeder zusätzliche Temperaturgrad die Gewalt um bis zu 20% erhöht, einschließlich Streitereien, Gewaltverbrechen, sozialer Unruhen oder Kriege. [220,261].

Biologische Gefährdung[146]: Algen, sind nicht die einzigen Krankheitsüberträger, die sich aufgrund der globalen Erwärmung verbreiten. Dazu gehören auch noch Zecken, Tigermücken Moskitos, Aedes -Mücken Anopheles Stechfliegen und andere Krankheitserreger wie Nagetiere und doch auch Schnecken[8]. So konnte sich die asiatische Tigermücke in Teilen Südeuropas etablieren, und die Zecke und weitere Vektoren (so nennt man die Erregungsträger, vor allem Stechmücken) breiten sich u.a. nach Deutschland und Luxemburg aus, so auch nach Skandinavien[84], und höher gelegene Regionen, da ihnen diese nicht mehr zu kalt sind. Fachleute haben geschätzt, dass sich die Anzahl tropischer Malariafälle verdoppeln könnte, und dieselben Fälle auβerhalb der Tropen (Malaria tertiana-ektropischer/auβertropischer Malariafall) sogar verdreifachen, wovon jeweils Millionen von Menschen betroffen sind [4,86]. Durch den Klimawandel sind etwa 30 neue Krankheiten ausgebrochen, und etliche, die als ausgerottet galten, tauchen wieder auf[8,44,62,66]. Die wichtigsten durch den Klimawandel bedingte Krankheiten sind: [9]



Kapitel 3 C4 Abbildung 1 | Bildnachweis:Al Gore, 2006: Eine unbequeme Wahrheit (Org. engl.)

Nach der „Fundación DARA Internacional“ gab es Tote durch den Klimawandel 2010:

Bildnachweis: D. Nelles, Serrer, C., Kleine Gase-Grosse Wirkung. Der Klimawandel. (illustr: S. Kraiss)

Hinweis von David Nelles und Christian Serrer, (erfolgreichen Autoren des Bestsellers « Kleine Gase – Groβe Wirkung. Der Klimawandel) zur Grafik (Kap. 3 C4 Abbildung 2 -links): Da es sehr schwierig ist, die zusätzlichen Todesfälle durch klimatische Veränderungen zu berechnen und kein direkter Kausalzzusammenhang zwischen einzelnen Todesfällen und dem Klimawandel hergestellt werden kann, sollten diese Zahlen sehr vorsichtig interpretiert werden.

[9] (Hintergrund) GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK GEO-6 HEALTHY PLANET, HEALTHY PEOPLE Edited by Pierre Boileau Senior Environmental Affairs Officer Paul Ekins Co-chair Global Environment Outlook University College London Joyeeta Gupta Co-chair Global Environment Outlook University of Amsterdam

Kapitel IV:
Über die Pflege unseres gemeinsamen Hauses

A: Ausblick: Fazit

Das Wetter und inzwischen auch das Klima sind weltweit alltägliche und beliebte Gesprächsthemen: Jeder ist am Wetter interessiert und sowohl Wetter wie auch Klima sind mit vielen wesentlichen Bedingungen für das menschliche Leben verbunden und außerdem wurde ein solches Klima, wie es eines hier auf unserer Erde gibt, auf keinem anderen Planeten entdeckt. Die wissenschaftliche Warnung vor weltweiten anthropogenen Klimaänderungen ist nicht neu. Nachdem der französische Physiker und Mathematiker J. Fourier (1827) sowie der irische Physiker J. Tyndall (1861) den Zusammenhang zwischen atmosphärischer Kohlendioxid (CO_2) - Konzentration und Klima, den natürlichen „Treibhauseffekt“, bereits qualitativ richtig erkannt hatten, war es wohl der schwedische Physiker und Chemiker S. Arrhenius (1986), der als erster auf die Nutzung fossiler Energiestoffe und die damit verbundene CO_2 - Emissionen in die Atmosphäre hingewiesen hat. Wenn sich die aus menschlichem Treiben stammenden THGs in der Atmosphäre anreichern, verhindern sie, dass die durch die Sonnenstrahlen an der Erdoberfläche erzeugte Wärme in den Weltraum entweicht. Eine Anreicherung von Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), sowie eine Abnahme von Ozon(O_3 = auf Griechisch « Das Riechende »)hat einen Anstieg der globalen Temperaturen hervorgerufen, und die Wissenschaftler behaupten zu 97%, dass der Klimawandel anthropogen ist und dass es mit fortdauernder Intensität fortlaufend mehr Risiken und Gefahren für die menschliche Gesellschaft und Entwicklung geben wird[111,253,254]. Es stimmt, dass es noch andere Faktoren gibt (z. B. der Vulkanismus, die Änderungen der Erdumlaufbahn und der Erdrotationsachse, der Solarzyklus), die das globale Klima beeinflussen, doch zahlreiche wissenschaftliche Studien zeigen, dass der größte Teil der globalen Erwärmung der letzten Jahrzehnte auf die starke Konzentration von Treibhausgasen (CO_2, CH_4, Stickstoffoxide und andere) zurückzuführen ist, die vor allem aufgrund des menschlichen Handelns ausgestoßen werden. Folgen der globalen Erwärmung für natürliche und menschliche Systeme wurden bereits beobachtet. In den letzten Jahrzehnten war die globale Erwärmung von dem ständigen Anstieg des Meeresspiegels und Schmelzen der Eiskappen begleitet, und einer Abnahme der Verfügbarkeit von unerlässlicher Ressourcen wie Trinkwasser, hat Energie und Agrarproduktion in den heißesten Zonen beeinträchtigt, das Aussterben eines Teils der biologischen Vielfalt des Planeten verursacht, und außerdem dürfte es schwierig sein, sie nicht mit der Zunahme extremer meteorologischer Ereignisse (Starkregen- Wirbelstürme, Hurrikane, Extremhitze/kälte, Dürre) in Verbindung zu bringen, abgesehen davon, dass man nicht jedem besonderen Phänomen eine wissenschaftlich bestimmbare Ursache zuschreiben kann. Der wirtschaftliche Schaden durch Dürre, Überschwemmungen, Stürme oder dem Anstieg des Meeresspiegels mache pro Jahr mehr als 125 Milliarden Dollar aus. Es ist viel billiger, den Planeten jetzt zu retten, als ihn später zu reparieren. Nicht bar sondern eher „menschliche Preise“ treffen sie in der ganzen Arbeit an. Die Menschheit ist aufgerufen, sich der Notwendigkeit bewusst zu werden, Änderungen im Leben, in der Produktion und im Konsum vorzunehmen, um diese Erwärmung oder zumindest die menschlichen Ursachen, die sie hervorrufen und verschärfen, zu bekämpfen.

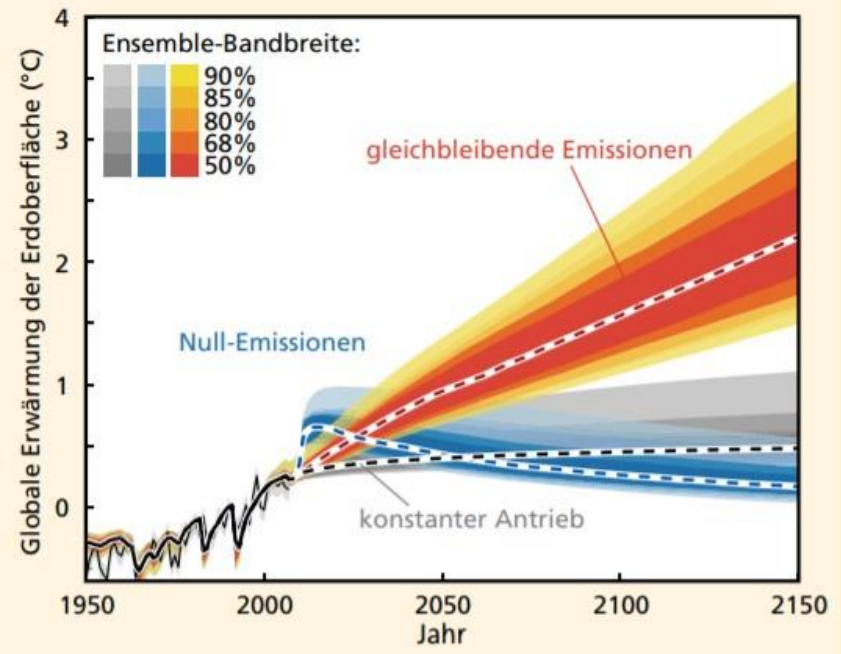
AUSZEICHNUNG : FREIWILLIGE MASSNAHMEN BOOMEN

In den letzten 15 Jahren gab es einen Boom bei freiwilligen Nachhaltigkeitsinitiativen von Unternehmen in verschiedenen Märkten und Sektoren, reichen trotzdem noch nicht aus, um das Ziel des IPCC, die globale Erwärmung von 2°C, wenn möglich auf 1,5° zu begrenzen.

Wie wir den Wandel bekämpfen

Fortgesetzte Emissionen von Treibhausgasen werden eine weitere Erwärmung und Veränderungen in allen Komponenten des Klimasystems bewirken. Die Begrenzung des Klimawandels wird beträchtliche und anhaltende Reduktionen der Treibhausgasemissionen erfordern.

Ein Argument der Klimaleugner, das ich noch nicht erwähnt habe lautet: „Ja, die Erde wird wärmer, aber da wir sowieso nichts dagegen unternehmen können, brauchen wir es erst gar nicht zu versuchen.“ Das ist bei Weitem das unritterlichste, was sich die Leugner jemals ausdenken konnten. Sie zweifeln also nicht am Klimawandel, und anscheinend auch nicht daran, dass wir Menschen ihn verursachen, aber etwas dagegen zu unternehmen, das kommt nicht in die Tüte! Die Zukunft hängt stärker als je zuvor in der Menschheitsgeschichte, von jedem Einzelnen von Euch ab! Umkehr tut Not. Der Mensch braucht eine „humane Ökologie“. Wie sich das Klima in Zukunft entwickelt, liegt in unserer Hand, unter unserer Kontrolle.



Ein wenig wurde bereits gemacht, doch leider stellte sich nun heraus, dass es auch mehr als nur der gute Willen, oder ein paar gute Worte bedarf. Das bisher wichtigste Treffen in der Klimapolitik war das Pariser Abkommen, an dem man die man vorher auf einem Abkommen in Cancún vorgeworfene Marke einhalten wollte. Teil der Entscheidung der 21. Konferenz der Vertragsparteien (21st Conference of the Parties, COP21)der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen zum Klimawandel war, eine globale Erwärmung gegenüber vorindustriellem Niveau auf, wie es heißt: „deutlich unter 2°, und *wenn möglich* auf 1,5° C zu begrenzen. Bis zum Jahr 2100 werden, bei unveränderter Entwicklung 3 bis 6° prognostiziert, eventuell auch mehr. In den Detail unterliegen solche Prognosen natürlich stets Unsicherheiten, da man in der Zukunft ja schließlich keinen Messungen unternehmen kann, und ja auch schließlich niemand die Entwickelung der Weltgesellschaft über die nächsten Jahrzehnte, bzw. die Bevölkerungsentwicklung genau bestimmen, die Änderungen des Konsumverhaltens, den Energieverbrauch, die Nutzung von Energiequellen die technologische Entwickelung, das Ausbrechen von Kriegen usw. vorhersagen kann. Klimaprojektionen sind aus diesem Grund immer Wenn - dann -Aussagen. Sie haben nicht den Anspruch „**die**“ Zukunft zu zeigen, sondern sie projizieren mögliche, bzw. unter bestimmten Grundannahmen wahrscheinliche zukünftige Entwickelungen. Auch hier gibt es nahezu schwindelerregende Entwickelungen der Computerleistung, und folglich wird die Präzision solcher Klimamodelle in Zukunft immer weiter steigen. Eine

[10] 4.B1 | Abbildung 1 | Auf dem Energiebilanz-Kohlenstoffkreislaufmodell MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse Gas-Induced Climate Change) basierende Projektionen für konstante atmosphärische Zusammensetzung (konstanter Antrieb, grau), gleichbleibende Emissionen (rot) und ein Null-EmissionenSzenario ab 2010 (blau), jeweils mit Unsicherheitsschätzungen. Abbildung des IPCC AR5/WG1 angepasst nach Hare und Meinshausen (2006) basierend auf der Kalibrierung eines einfachen Kohlenstoffkreislauf-Klimamodells mit allen CMIP3 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 3) und C4MIP (Coupled Climate Carbon Cycle Model Intercomparison Project) Modellen (Meinshausen et al., 2011a; Meinshausen et al., 2011b). Die Ergebnisse beruhen auf einer vollständigen transienten Simulation, die auf vorindustriellem Stand beginnt und alle Strahlungsantriebskomponenten beinhaltet. Die dünne schwarze Linie und die Schattierung geben die beobachtete Erwärmung und die Unsicherheit an.

Temperaturentwickelung bis zu und über 6 Grad ggü. Vorindustriellen Zeiten ist weitgehend gesichert, insbesondere dann, wenn Länder wie China oder Indien unseren Lebensstil imitieren. Die 6 IPCC-SRES-Szenarien legen nahe, dass die atmosphärische CO2-Konzentration bis 2100 zwischen 541 & 970 ppm liegen könnte. Dies ist 90-250% höher als die Konzentration im Jahr 1750[261] u. ist ein Temperaturanstieg von min. 9°. Wenn jeder der Erde so leben würde wie wir hier in Luxemburg, bräuchten wir 10 oder auch mehr Planeten, um darauf leben zu können. 2 – 2,4 Grad globale Erwärmung können bereits substanzielle Bedrohungsszenarien zur Folge haben. Eine Begrenzung der Erwärmung auf 1,5 °C könnte im Vergleich zu 2 °C die Anzahl der Menschen, die sowohl klimabedingten Risiken ausgesetzt als auch armutsgefährdet sind, bis zum Jahr 2050 um mehrere hundert Millionen senken. All die Berechnungen und Studien der seriösen Klimatologie kommen zu dem Schluss, dass es dringend erforderlich ist, die Kohlendioxidemissionen (CO2) zu verlangsamen, da der Kohlenstoff im Klimasystem eine lange Lebensdauer hat. Rechnerische Einzelheiten lassen wir beiseite, doch gerade da man die teilwiese noch unverstandenen Rückkopplungseffekte einbezieht, ergeben sich drastische Reduktionsfordernisse. In modellierten Pfaden ohne oder mit geringer Überschreitung von 1,5 °C nehmen die globalen anthropogenen Netto-CO2-Emissionen bis 2030 um etwa 45 % gegenüber dem Niveau von 2010 ab (Interquartilbereich 40–60%) und erreichen um das Jahr 2050 (Interquartilbereich 2045–2055) netto null. Bei einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf unter 2 °C projizieren die meisten Pfade eine Abnahme der CO2-Emissionen bis 2030 um etwa 25 % (Interquartilbereich 10–30%) und das Erreichen von netto null um das Jahr 2070 (Interquartilbereich 2065–2085.) Darüber hinaus müssen auch gezielte Nicht-CO2-Minderungsmaßnahmen getroffen werden, die man aus allen Sektoren ziehen kann, insbesondere aber des Energiesektors, und vor allem eine Reduktion der Kohleenergie, der der klimaschädlichste Energieträger ist, trotzdem aber in der Energiewendediskussion oft ausgeblendet wird. Wir wollen die Aufheizung des Klimas auf 1,5 Grad begrenzen, deswegen müssen wir schnell handeln. Wir haben nämlich nur noch 10 Jahre. Um überhaupt noch eine Chance zu haben, die Klimakrise zu begrenzen, muss die Regierung deshalb in diesem Herbst sicherstellen, dass sie das für 2020 beschlossene Klimaschutz-Ziel so schnell wie möglich erreicht und so den CO2-Ausstoß um 40 Prozent im Vergleich zu 1990 senkt. Die sich abzeichnende Verschleppung um mehrere Jahre ist inakzeptabel und wird auch von der Bevölkerung nicht mehr getragen. Eine langfristige Erwärmung durch den Klimawandel ist aufgrund der vielen Rückkopplungseffekte und Speicherungen von Kohlenstoff in Ozean und auf dem Land {Siehe: Kohlenstoffkreislauf und Energiekonsument Ozean} unmöglich. Wir können zwar versuchen, die Erwärmung durch wirksamen Klimaschutz soweit wie möglich zu begrenzen, doch verhindern können wir den Klimawandel nicht, da die Treibhausgase, die wir in den letzten 100 Jahren ausgestoβen haben bis zu 10 000 Jahre in den Ökosystemen gespeichert bleiben. Aufgrund der irreversiblen Veränderungen der Erdsysteme verdient der Klimawandel eine konzertierte Aufmerksamkeit, da die globale Erwärmung auch auch tiefgreifende Anpassung/ Akklimatisierung erfordert.[46,206] {Siehe Glossar} Diese sind besonders wichtig, um breite Schäden zu reduzieren oder gar zu vermeiden, vorteilhafte Möglichkeiten zu nutzen, die Neigung oder Prädisposition einiger Inselstaaten und Entwickelungsländer, nachteilig betroffen zu sein, zum mindern und unsere Resilienz, sich an die Folgen anzupassen, zu erhöhen. Umzuziehen ist oft die „einfachste“ Art der Anpassung an den Klimawandel[117].

FAQ 4.B1.1 | Welche Art von Konsum hat die größten Umweltfolgen?

Die Beziehung zwischen Konsumentenverhalten und den damit verbundenen Umweltfolgen ist gut verstanden. Im Allgemeinen haben Lebensstile mit höherem Konsum größere ökologische Folgen. Den alltäglichen größten Effekt auf die globale Erwärmung hat der Konsum von Lebensmitteln, der mit rund 20-30% der anthropogenen Emissionen mehr Treibhausgase austößt als alle Autos, Lastwagen und Flugzeuge zusammen. Diese 20-30% Entwaldung in tropischen Ländern. Weitere 5-10% der Emissionen fallen dann in den nachgeschalteten Lieferketten an die Lieferproduktion und den Verkauf, sowie die

stammen vor allem aus der landwirtschaftlichen Produktion, mit 10-12%, gefolgt von der Entwaldung, also Verpackung, den Transport… Wenn wir nun auf die Produktion schauen, also den Ackerbau und die Viehhaltung sind dies die größten Emittenten. Hierbei schlägt besonders die enterische Formation, oder die *Darmgärung* der Wiederkäuer zu Buche, vor allem da damit auch hohe Methanemissionen einhergehen. Doch auch die Stickstoffdüngung ist wichtig, da durch diese Unmengen an Lachgas freigesetzt werden.
Es ist wahr: es ist unbequem: wir werden unser Leben in vielerlei Hinsicht ändern müssen. Doch das hier ist keine ideologische Debatte, bei der es eine Wahl zwischen „Ja“ und „Nein“ gibt. Wir alle haben nur eine Erde, und eine gemeinsame Zukunft.
Wir haben **eine, *gemeinsame*** Zukunft, nicht mehrere, regional- oder ländlich unterschiedliche und unabhängige Zukunft**en**, (Zukunft hat kein Plural). Es geht nicht um die üblichen politischen und wirtschaftlichen Sandkastenspiele. Es geht um unser aller Ärsche. Das ist uns eigentlich allen bewusst, aber es ist gar nicht so schlecht, sich das ab und zu mal wieder bewusst zu werden: Der globale Klimawandel findet auch im Großherzogtum Luxemburg statt – seine Auswirkungen sind bereits deutlich mess- und spürbar. So betrug die mittlere Temperatur in Luxemburg im Zeitraum 1981 bis 2010 bereits 9,3 °C was um 1 °C wärmer ist als noch im Zeitraum 1961 bis 1990 (zum Vergleich: der globale Temperaturanstieg beträgt seit 1880 lediglich 0,85 °C).
Es gibt keine Ausrede. Ich glaube, wir wollen doch alle dasselbe: einen gesunden und schönen Planeten für uns und unsere nachfolgende Generation.

„Handle so, dass die Maxime deines Willens zugleich als Prinzip einer allgemeinen Gesetzgebung gelten könnte.“ *Kant, kategorisches Imperatif*
Ein inspirierendes Beispiel dazu, dass der Mensch fähig ist, unglaubliches zu unternehmen ist die Mondreise, die Vertreibung der Nazi, der Rückzug des Ozonlochs...
Dies ist die Zeit, uns zu erheben und um unsere Zukunft zu kämpfen.
In diesem letzten Kampf muss jeder beitragen.

C: Und Nun? So könnten wir in Zukunft leben.

FAST ALLES, WAS MAN TUT, WIRKT EIN BISSCHEN AUF DAS KLIMA AUS.

Das ist eine gute und schlechte Nachricht in einem.
Einerseits sind wir alle für den Wandel zuständig, anderseits aber bedeutet es auch, dass jeder dazu beitragen kann, die Erderwärmung zu begrenzen. Außerdem bedeutet es, dass man keine Greta Thunberg sein muss, um gegen die globale Erwärmung anzukämpfen. Es ist schon ein gewisser Fortschritt, wenn man es schafft, jenen alltäglichen Kleinigkeiten abzuwöhnen, die nun folgen:

Checkliste:

Energiesparen ist ganz einfach!

1. FENSTER GUT SCHLIEßEN, DAMIT DIE WÄRME NICHT VERLOREN GEHT
2. Immer das Licht ausschalten.
3. Handy und Computer nicht auf STAND-BY lassen!
4. Beim Lüften Heizung ausstellen.

SO KÖNNTEN WIR IN ZUKUNFT LEBEN, um Treibhausgase zu sparen, und unseren Planeten, unsere Umwelt und Klima zu schonen:
Rad und Gehwege sind sehr bequem! Da fährt es sich bequemer als auf der Straße, und sie sind oft in der Natur. Das ist auch gesünder, und noch dazu machst du Sport!
BAUE DEINEN EIGENEN GARTEN AN! Sie bieten Bienen und anderen Tieren Unterschlupf und Nahrung. Auch in der Stadt kannst du dir einen kleinen Garten machen auf der Terasse oder dem

Balkon. Sogar die Dächer kann man begrünen!
- Solarzellen auf dem Dach oder im Garten verwandeln Sonnenenergie in Strom um. So sparst du viel umweltschädlichen Strom, der aus Kohle hergestellt wird.
- Um Plastik zu sparen, könnten in Zukunft die Läden Produkte ohne Plastikverpackung kaufen, und die Klienten müssen ihre eigenen Einpackungen mitbringen, um Plastikmüll zu sparen.
- Produkte, die mit dem „Blauen Engel“ versehen sind, sind besonders umweltschonend. Kaufe Produkte aus der Region! Das spart den weiten Weg mit dem Flugzeug, die z.B. Ananas von Thailand bis nach hier zurücklegt, ehe sie bei uns im Einkaufswagen landet.
- Reduce, Reuse and recycle“ – lautet das Motto einer wachsenden Zahl von Menschen, die durch Konsumverzicht ihr A bfall- und Emmissionsaufkommen reduzieren. Sie kaufen weniger, ziehen langlebige Waren Wegwerfprodukten vor, reparieren Dinge statt sie wegzuwerfen[11] und geben Sachen, die sie nicht benötigen, an Leute weiter, die sie nutzen können. [12]

Du kannst die Welt nicht für dich alleine retten! Motiviere deine Eltern, deine Familie, deine Freunde, und erkläre es denen, die es nicht verstehen oder nicht glauben wollen! – Engagiere dich!!

Natürlich hab‘ ich, seit ich diesen Travail personnel geschrieben habe, viel mehr auf meinen ökologischen Fußabdruck aufgepasst. Das ist der Abdruck, den wir im Verlauf unseres Lebens auf der Erde hinterlassen. Der ökologische Fußabdruck misst, wie hoch die Land- und Wasserfläche sein muss, um alles da zu produzieren, was wir im Alltag verbrauchen und wie groß die Fläche der Erde sein müsste, um all den Müll aufzunehmen, den wir wegwerfen.
Ich hoffe, dass es nicht langweilig war, trotz den vielen Seiten, und, trotz meiner Versicherung in der Einleitung, dass es nicht zu kompliziert werden würde, trotzdem viel zu kompliziert geworden ist – doch ich hoffe, dass wenigstens die Zahlen Eindruck gemacht haben, und dass ihr, genau so wie ich, ein wenig auf euren „ökologischen Fußabdruck“ acht gebt.

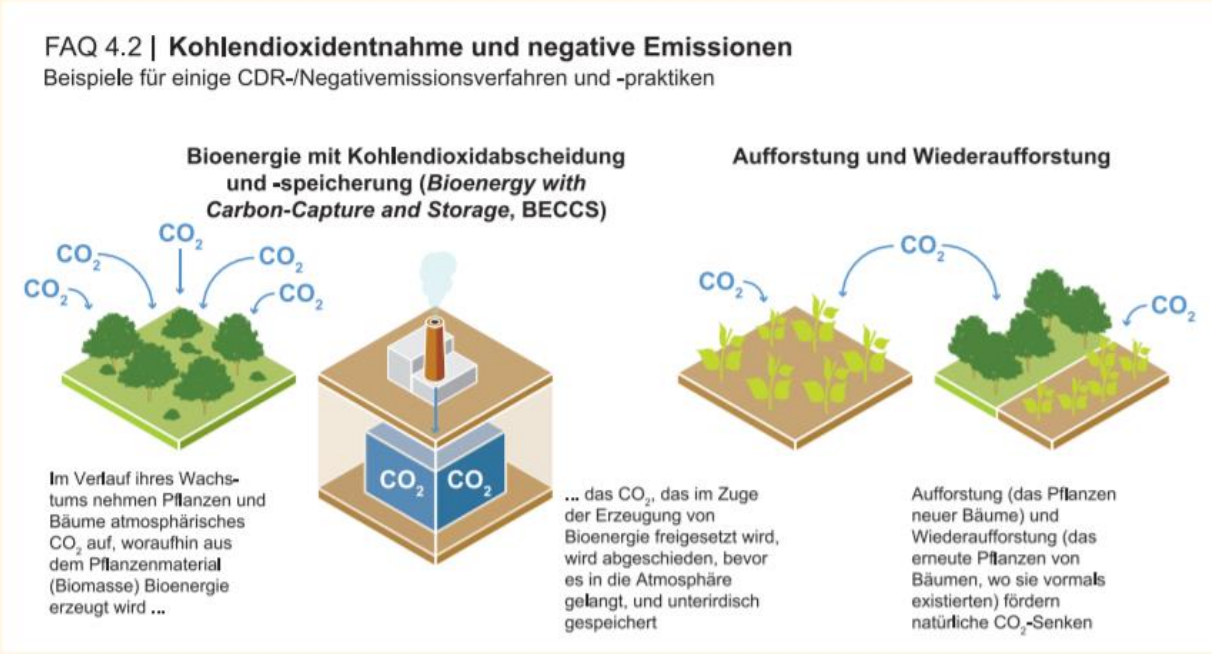


Abbildung FAQ 4.2 | Kohlendioxidentnahme (Carbon Dioxide Removal, CDR) bezeichnet den Prozess der Entnahme von CO2 aus der Atmosphäre. Da dies das Gegenteil von Emissionen darstellt, wird oft gesagt, Praktiken und Technologien, anhand derer der Atmosphäre CO2 entnommen wird, erzielen „negative Emissioneweiter gefasst wird der Vorgang manchmal als „Treibhausgasentnahme“ bezeichnet, wenn dabei auch andere Gase als CO2 entfernt werden.

[11] Weitere Informationen zur Abfallvermeidung finden sie (engl.) unter www.environmentaldefense.org/article.cfm?contenid=2194 Auf Deutsch unter : www.nabu.de/m07/m07_02/04492.html
[12] Weitere Informationen zur 3R – Initiative finden sie unter : www. epa.gov/msw/reduce.htm (englisch)