The background of the entire page is a photograph of a sunset or sunrise. The sky is filled with horizontal bands of color, ranging from deep purple and blue at the top to bright orange and yellow near the horizon. In the foreground, the dark silhouette of a tree stands on the left, and a large, jagged rock formation is on the right. The overall mood is contemplative and somber.

Gunther Mair

DILEMMA

**Warum
wir unsere**

Ressourcen zerstören,

obwohl wir es doch besser wissen

Gunther Mair

DILEMMA

Gunther Mair

DILEMMA

Warum wir unsere Ressourcen zerstören, obwohl wir
es doch besser wissen



© 2021 Gunther Mair

Verlag und Druck:
tredition GmbH, Halenreihe 40-44, 22359 Hamburg

ISBN

Paperback: 978-3-347-30521-2

Hardcover: 978-3-347-30522-9

e-Book: 978-3-347-30523-6

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Für
meinen Enkel Manos
und
seine Generation

Inhalt

Prolog

Über dieses Buch

1. Klimawandel
2. Die Besiedelung der pazifischen Inseln
3. Ökologischer Fußabdruck und Artensterben
4. Bevölkerungswachstum
5. Allmende
6. Gefangenendilemma
7. Horden erobern die Erde
8. Institutionen und Werte
9. Das Ozonloch
10. Somatische Marker
11. Meme
12. Bewertungskriterien für Allmendesituationen
13. Darwins Erbe
14. Der Aus-Knopf für den Autopiloten

Nachwort

Erläuterungen, Abkürzungen und Einheiten

Quellenangaben

Prolog

Meine Kindheit fiel in die sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts. Nach den Zerstörungen des zweiten Weltkriegs boomte die Wirtschaft, und es herrschte ein ungebrochener Fortschrittsglaube. Jungen bekamen Metallbaukästen, Elektrobaukästen und die etwas älteren auch Chemiebaukästen geschenkt. Ich erlebte in meinem Elternhaus die Umstellung der Heizung von Koks über Öl auf Gas. Im Ausland angeworbene Arbeitskräfte hießen damals Gastarbeiter, kamen zum größeren Teil aus Italien und der Türkei und waren als arbeitsame und freundliche Menschen bekannt. Die Welt befand sich im kalten Krieg zwischen Sowjetunion und USA, aber von der Kubakrise 1963 mit drohender Atomkrieg-Eskalation bekam ich als Kind noch nichts mit. Die erste Mondlandung 1969 verfolgte ich mit glänzenden Augen. Im Gymnasium traktierte uns ein motivierter junger Gemeinschaftskundelehrer regelmäßig mit neuen Details zu den nuklearen Abrüstungsverhandlungen, die wir auswendig lernen mussten und die mir trotzdem nichts sagten. Einige meiner Freunde schwärmten für Mao, dessen in der chinesischen Sprache hinten stehender Vorname damals noch Tsetung geschrieben wurde. Dass sein „Großer Sprung nach vorn“ (1958-1961) eine misslungene Technologisierungskampagne war, die durch Landwirtschaftsmismanagement eine zweistellige Millionenzahl an Hungersopfern gefordert hatte, war uns nicht bekannt. Auch der visionäre Bericht „Die Grenzen des Wachstums“ des internationalen Club of Rome¹ (1972) ging an meinem politisch unmotivierten Schülerdasein spurlos vorbei.

Als mir meine Eltern das erste Auto schenkten, war das ein gebrauchter Käfer, der 13 Liter verbleites Benzin pro 100 km verbrauchte. Damals musste ich regelmäßig die Scheiben putzen, da sie voller toter Insekten waren – so viele Insekten auf einem Fleck gibt es heute gar nicht mehr. 1976 erfolgte der erste kommerzielle Start des ultramodernen

Überschallflugzeugs Concorde, eines technologischen Traums, der sich zerschlagen sollte, nicht nur wegen des hohen Kerosinverbrauches, sondern auch wegen des höllischen Lärms und eines Absturzes. Die Umweltverschmutzung durch Chemikalien kam der Öffentlichkeit ins Bewusstsein und das Ozonloch über der Antarktis wurde entdeckt.

Etwas später, ich war bereits jung verheiratet und stand am Anfang meines Berufslebens, fiel 1989 die Berliner Mauer, die Sowjetunion brach auseinander und Deutschland wurde wiedervereinigt. Manche sprachen vom „Ende der Geschichte“, im Glauben, dass nun der Frieden, die Demokratie, der Kapitalismus und die freie Marktwirtschaft für immer gesiegt hätten.

Kurz gesagt: Ich hatte eine unauffällige typische deutsche Mittelstandsjugend, und die Welt schien sich zum Besseren zu entwickeln, technologisch, gesellschaftlich und politisch.

Leider sollte sich das als Trugschluss herausstellen.

Wie heißt der schöne Spruch: „Gestern standen wir noch am Abgrund, heute sind wir einen Schritt weiter!“

Dreißig Jahre später gibt es nach wie vor regionale Kriege sowie eine neue globale Blockbildung. Extremisten von rechts und links sind ebenfalls nicht verschwunden. Hinzugekommen ist vermehrt religiöser Fanatismus. Die Entwicklung des Internets und das damit verbundene Aufkommen neuer sozialer Medien haben die geistige Blockbildung gefördert und sich damit häufig nicht gerade hilfreich für den Erhalt lebensfähiger demokratischer Strukturen erwiesen. Wohin wir schauen – China, USA, Brasilien, Türkei, Russland –, der Traum eines Siegeszugs der freiheitlichen Demokratie hat sich nicht realisiert, sondern eher sein Gegenteil.

Zusätzlich zu diesem politischen Tagesgeschäft, wie man es nennen könnte, sind jedoch Probleme völlig neuer Art getreten: Probleme, die die Erde als Ganzes betreffen.

Dies ist erstens der Klimawandel. Die menschliche Zivilisation nutzt die Atmosphäre inzwischen so stark als Müllhalde für Treibhausgase – allen voran Kohlendioxid (CO₂) –, dass sich deren Zusammensetzung signifikant geändert hat und weiter ändert, mit den bekannten Folgen, die uns in kurzer Zeit von einer geologischen Kaltphase in eine geologische Warmphase katapultieren könnten.

Zum Zweiten ist dies das Artensterben. Lebensraumabwertung durch Rodung und intensive Landwirtschaft sowie Flächenverbrauch durch Versiegelung haben ebenfalls erstmalig seit Menschengedenken global und regional zu einer Abnahme des Bestands von biologischen Arten bis hin zum Aussterben geführt. Fachleute vergleichen dies bereits mit dem letzten großen Aussterbeereignis vor rund 60 Millionen Jahren, das zum Verschwinden der Dinosaurier geführt hat.

Beide Arten der Veränderung, die des Klimas und die des Artenreichtums, sind bereits in der Vergangenheit mehrfach aufgetreten. Neu und damit bedrohlich ist das für geologische Verhältnisse ungeheure Tempo, in dem sich die Veränderungen vollziehen, sowie die Tatsache, dass wir als Verursacher die katastrophalen Folgen der Zerstörung unserer Lebensgrundlagen vorhersehen und teilweise bereits spüren können.

Das ist das Seltsame: Obwohl wir in beiden Fällen wissenschaftlich und technisch wissen, was zu tun wäre, sind wir offenbar nicht in der Lage, diese eminenten Bedrohungen wirksam abzuwehren. Warum ist das so? Steht man diesem Befund tatsächlich wehrlos gegenüber?

Schon über fünfzig Jahre alt, begann ich mich in die Thematik „Klimawandel“ einzulesen, was mir als studiertem Chemiker leicht fiel. Die wissenschaftlichen Details zum Zustand der Natur, der Tiere und Pflanzen herauszufinden war für mich als biologischen Laien schon eine deutlich schwierigere Aufgabe. Ich begann meinen Lebenswandel zu überprüfen, wie Höhe des Fleischkonsums, Anzahl der Reisen usw., ließ zwei Dutzend Bäume und eine Blumenwiese in meinen Heimatgemeinden pflanzen,

isolierte das Haus, installierte Photovoltaik-Platten auf das Dach und legte einen Naturgarten an.

Das half allerdings noch nicht, das eigentliche Problem zu verstehen, das die globale Gesellschaft offenbar hat. Ich las daher Bücher über die Evolution und die Psychologie des Menschen und über das Dilemma, das entsteht, wenn das gefühlte Wohl des Einzelnen zum schlechten Ausgang für alle führt – bekannt unter der Spielform „Gefangenendilemma“. Ich fand in der Geschichte Beispiele der Übernutzung von Naturressourcen, die die Menschen gemeinsam erfolgreich beenden konnten. Ich begann mit Freunden und Bekannten zu reden und verfolgte die Nachrichten über den schleppenden Fortgang der politischen Bemühungen um Klima- und Artenschutz, deren „Spielregeln“ und Schwierigkeiten mir nun verständlicher erschienen.

Mir wurde klar, dass es bei kollektiven Problemen hilfreich und der Problemlösung dienlich ist, möglichst intensiv zu kommunizieren, und dazu wollte ich einen bescheidenen Beitrag leisten: Dies ist die Motivation für das vorliegende Buch.

¹ Der Bericht prognostizierte bei konstanten Trends von Bevölkerungswachstum, Industrialisierung und Ausbeutung natürlicher Rohstoffe eine absolute Wachstumsgrenze innerhalb von 100 Jahren (also 2070). Danach würde die Bevölkerung unter anderem durch Nahrungsmangel kollabieren.

Über dieses Buch²

Würden alle oder zumindest die meisten Menschen sich an der mehrheitlichen wissenschaftlichen Meinung orientieren und auch dasselbe Wertesystem haben, wären globale Probleme wie Klimawandel und Artensterben im Handumdrehen gelöst.

Warum zerstören wir Menschen weiterhin unsere Ressourcen, obwohl wir es doch besser wissen?

Um eine Erklärung für dieses paradoxe Verhalten zu finden, werde ich im Folgenden nach Antworten auf diese Fragen suchen:

- Wer ist überhaupt „wir“? Die Familie, die Nachbarschaft, eine Religionsgemeinschaft, ein Staat, die Menschheit, die belebte Natur unserer Erde?
- Wie steht es um das Zusammenspiel von Egoismus und Altruismus im Menschen?
- Wie bilden sich Wertvorstellungen, und in welchem Zusammenhang?
- Wann vertraut man einem Dritten, dass er sich an gemeinsame Regeln hält, und wann nicht?
- Welchen Einfluss hat die evolutionäre Prägung auf unser Denken und unsere Entscheidungen?

Der Begriff „Tragik der Allmende“ beschreibt das Problem, das entsteht, wenn ein begrenztes Allgemeingut (Allmende³) durch dessen Nutzer überlastet wird: ein kollektiver Schaden. In entsprechenden Situationen tritt die Überlastung ohne weiteres Zutun sozusagen automatisch auf, kann aber durch Erkennen des Problems und geeignete Gegenmaßnahmen gestoppt werden.

Die US-amerikanische Politikwissenschaftlerin Elinor Ostrom widmete diesem Thema ihre Laufbahn und erhielt für ihre Forschungen 2009 als

erste Frau den Wirtschaftsnobelpreis. In diesem Buch möchte ich unter anderem einige ihrer wesentlichen Ergebnisse und Analysen vorstellen.

Nach einer Zusammenstellung von Zahlen und Fakten zu Klima und Umwelt im historischen Kontext werde ich Ostroms Modell der Interaktionen in Situationen, in denen ein gemeinsames Gut durch Übernutzung gefährdet ist, einführen. Dabei werden Begriffe wie „Institution“, „Wert“, „Norm“ und „Regel“ entsprechend Ostrom erläutert und ihre Erkenntnisse zu Erfolgs- und Misserfolgskriterien für die Verwaltung von Allmendesituationen vorgestellt.

Um Ostroms theoretisches Gedankengebäude mit Leben zu füllen, werden wir einen Gang durch ausgewählte Kapitel der Geschichte machen, darunter die Besiedelung der pazifischen Inseln, die Eindämmung des Ozonlochs, der Wanderfeldbau in Madagaskar und die Bevölkerungsentwicklung in Costa Rica.

Auch die Funktionsweise des Akteurs Mensch werden wir betrachten. Erkenntnisse der Evolution und der Neurowissenschaften werden uns helfen, die Grundlagen unserer Entscheidungen besser zu verstehen. Dazu tauchen wir ein in die Tiefe des menschlichen „Ich“, von seiner evolutionären Vorgeschichte vor Millionen Jahren über die Ausbreitung der menschlichen Arten auf der Erde, von seiner emotionalen Steuerung über den Körper und über die an ihn herangetragenen äußeren Informationsreize bis hin zur Frage: Welche Entscheidungsfreiheit haben wir eigentlich, um zu wollen, was wir wollen?

² Sie werden in diesem Buch einer Reihe von Fachbegriffen und Abkürzungen begegnen. Weniger geläufige sind in Fußnoten erklärt. Eine vollständige Liste mit Erklärungen findet sich im Anhang.

³ Allmende: Aus dem Alt- oder Mittelhochdeutschen für Gemeindeflur

1. Klimawandel

In Australien verbrennen 110 000 km² Wald, das entspricht einem Drittel der Fläche von Deutschland. Dabei sterben 34 Menschen und etwa eine Milliarde Säugetiere, Vögel und Reptilien. Eine Heuschreckenplage überfällt Afrika. Äthiopien, Eritrea, Kenia, Somalia und Uganda sind betroffen, die Heuschreckenschwärme erreichen Iran und Pakistan. Überschwemmungen in Indien und China fordern über 2000 Menschenleben, zwei Millionen Menschen werden obdachlos und über 30 Millionen sind betroffen. In der heftigsten karibischen Hurrikan-Saison seit Beginn der Aufzeichnungen gehen schon im September die Namen aus (die Stürme werden nach dem Alphabet benannt) und man muss auf das griechische Alphabet zurückgreifen⁴. In der Stadt Werchojansk, bekannt als Kältepol Sibiriens, klettert das Thermometer auf plus 38 °C (Kramer 2020).

Diese Katastrophenereignisse sind nicht Teil eines Science-FictionKlimathrillers, sondern passierten alle im Jahr 2020. Ihre Kosten wurden konservativ auf über 100 Mrd. US-Dollar geschätzt. Und die Liste ließe sich beliebig fortführen.

Betrifft uns das auch in Europa? Die Antwort ist natürlich ein klares Ja. Allein zwei Stürme in Großbritannien/Irland und in Frankreich/Italien im Jahr 2020 forderten 30 Todesopfer und verursachten Kosten von rund 6 Mrd. US-Dollar (Kramer 2020). Sieben der zehn zerstörerischsten Gewitter in Deutschland seit 1980 ereigneten sich innerhalb der letzten sieben Jahre (Lozán 2018). Die Zahl der Hitzetage in Deutschland hat sich seit 30 Jahren verdreifacht⁵ (UBA 2020) und die Durchschnittstemperatur ist bereits um 2,2 °C gestiegen⁶ (DWD 2020).

Gleichzeitig drängten sich dort im Winter 2020/2021, da wegen der Corona-Epidemie die Grenzen zu den Alpen geschlossen waren, die Massen auf jedem Mittelgebirgsgipfel, der etwas Schnee hatte – wie die Eisbären auf der letzten Scholle der Arktis.

Die Wissenschaft kann ungefähr abschätzen, wie die Temperatur mit der Menge der Treibhausgase steigen wird. Sie ist aber überfordert, in Zahlen anzugeben, wie viele Wälder jedes Jahr verbrennen und wie viele Unwetter und Dürren es geben wird. Wie schnell treiben Hungersnöte, Hitze, regionaler Süßwassermangel und steigender Meeresspiegel nie gesehene Migrantenströme in die kühleren und reicheren Länder? Keiner weiß es. Wir beobachten jedoch, dass Jahr für Jahr die Prognosen der Wissenschaftler von der Realität überholt werden. Wir haben einen gefährlichen Geist aus der Flasche gelassen - und anders als im orientalischen Märchen ist es kein Geist, sondern es sind Gase, die wir freilassen, und wir machen die Flasche nicht zu!

Wir wissen, dass der Mensch den Klimawandel verursacht, aber wer zieht deshalb Konsequenzen für sein tägliches Leben?

Die meisten von uns kennen den Preis für einen Liter Milch, ein Schweinesteak oder – falls wir ein Auto besitzen – für einen Liter Treibstoff. Wir kennen unser Einkommen und unsere Ausgaben. Wenn wir essen gehen oder in den Urlaub fahren, prüfen wir die Kosten genau und wählen danach aus. Wir wollen möglichst wenig Steuern zahlen, und manche von uns machen sich Gedanken, wo es langfristig hinführt, wenn Städte und Staaten sich hoch verschulden.

Beim Geld sind wir genau – aber wissen wir auch, welche Mengen Treibhausgas wir „ausgeben“, das heißt produzieren? Was „kostet“ die Milch, das Fleisch, der Treibstoff, der Urlaub? Wie hoch sind unsere „Ausgaben“ und „Schulden“, und die der Menschen in anderen Ländern?

Katastrophenmeldungen sind ein schlechter Ratgeber; man benötigt Zahlen und Fakten, um sich ein realistisches Bild machen und vernünftige Entscheidungen treffen zu können. Deshalb ist dieses erste Kapitel einigen Erläuterungen zum Klimawandel gewidmet. Wie war das früher?

Zeitraum Millionen Jahre: Kontinentaldrift

Wir haben Daten zum Klima seit dem ersten Nachweis von Fossilien, das heißt aus den letzten 600 Millionen Jahren. Die Durchschnittswerte der globalen Oberflächentemperatur variierten in mehreren Schüben, jeweils über Millionen von Jahren, zwischen etwa 12 und 23 °C. Wir nennen dies „Kaltphasen“ bzw. „Warmphasen“. In diesen geologischen Zeiträumen ist die Kontinentaldrift die wichtigste Ursache für die Veränderungen. Große Kontinentalmassen in Äquatornähe begünstigen warmes Klima, wohingegen Landmassen in Polnähe der Vereisung Vorschub leisten. Die Vereisung erhöht die Albedo – die Reflexion von Sonnenlicht –, was die Abkühlung verstärkt und somit zu tiefen Temperaturen führt. Im Devon (410-360 Mio. Jahre v. h.⁷) herrschte eine der landmassenbedingten Warmphasen und in dieser Zeit brachten üppig wachsende Sumpfwälder das meiste CO₂ der Atmosphäre unter die Erde, indem sie zu Kohle, Gas und Öl wurden. Im folgenden Karbon (360-290 Mio. Jahre v. h.) setzte sich dieser Prozess fort – daher auch der Name dieses Erdzeitalters – und der Kohlendioxidgehalt der Luft fiel von über 4000 auf etwa 400 ppm⁸, in der Größenordnung des heutigen Wertes. Während der Warmphasen trug auch die Bildung von Kalk- und Dolomitsedimenten⁹ aus Algen, Schwämmen und Korallen zur Abreicherung des CO₂ aus der Atmosphäre bei: Die heutigen Ostalpen (auch Kalkalpen genannt) sind gigantische Kohlenstoffspeicher, genauso wie Kohle-, Öl- oder Gasvorkommen.

Vor etwa 300 Mio. Jahren vereiste eine Landmasse am Südpol und die Durchschnittstemperatur fiel in einer Kaltphase auf 12 °C. Im Trias (250-210 Mio. Jahre v. h.) war diese Vereisung wieder aufgehoben und die letzte große Warmphase mit rund 22 °C begann. Sie endete mit einem Eldorado für riesige Wechselblüter, die sich in der Wärme wohlfühlten, die Dinosaurier.

Vor etwa 65 Mio. Jahren hatte sich Australien so weit von der Antarktis gelöst, dass sich um diese eine zirkumpolare Meeresströmung bilden konnte. Dies führte zur thermischen Isolierung der Antarktis, die deshalb wieder vereiste. Vor rund 2,5 Mio. Jahren schloss sich die Lücke zwischen Nord- und Südamerika, und man vermutet, dass die dadurch veränderten

Meeresströmungen die Vereisung auch der nördlichen Polkappe bewirkten: Die jüngste und aktuelle Kaltphase mit auf 12 °C fallenden Durchschnittstemperaturen hatte begonnen.

Zeitraum hunderttausende Jahre: Erdbahnoszillation

In dieser geologisch kurzen Zeitspanne spielt die Kontinentaldrift keine Rolle. Trotzdem wechselten sich – in der aktuellen Kaltphase – rund alle 100 000 Jahre die „Eiszeiten“ und „Warmzeiten“ ab, mit jeweils einigen °C Temperaturunterschied. Wodurch wurden sie ausgelöst?

Hier kommt ein weiterer Faktor für Klimaveränderungen ins Spiel: die Erdbahn- und Erdachsenoszillation, die in der Zeitskala von 10 000-100 000 Jahren wirkt. Sie verursachte die Eiszeiten der jüngeren geologischen Vergangenheit, von denen die letzte vor etwa 10 000 Jahren zu Ende ging. Wir leben heute also in einem warmen Abschnitt (Warmzeit) der aktuellen Kaltphase. Vor Beginn der Industrialisierung betrug die Durchschnittstemperatur etwa 14 °C, bei einem CO₂-Gehalt der Atmosphäre von 280 ppm.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass ein weiterer innerhalb von 10-100 Jahren wirkender Klimafaktor existiert, nämlich die Sonnenaktivität¹⁰. Diese führte während des Mittelalters zu einer leichten Temperaturerhöhung um 0,3 °C und zu mehreren Kälteperioden mit einer Absenkung der Durchschnittstemperatur um 0,2 °C zu Beginn der Neuzeit (die „kleine Eiszeit“).

Zeitraum Gegenwart: Industriezeitalter

Heute greifen wir, das heißt die menschliche Zivilisation in ihrer Gesamtheit, in den natürlichen Klimawandel ein, indem wir den Kohlenstoff, der während Jahrmillionen, vor allem im Devon und Karbon, der Atmosphäre entzogen wurde, innerhalb einiger Jahrzehnte verfeuern und Kalkstein unter Freisetzung von CO₂ in Beton verwandeln.

Worin liegt das Problem?

Treibhausgase

Kohlendioxid ist ein Treibhausgas. Es lässt die Sonnenstrahlung zum Erdboden durch, absorbiert und reflektiert aber die langwelligere Infrarotstrahlung, die von der Erde zurückgestrahlt wird, und wirkt damit wie die Glasscheibe eines Gewächshauses. Seit Beginn der Ausbeutung von Kohle, Erdöl und Gas wurden global rund 2000 Gt (Gigatonnen oder Milliarden Tonnen) CO₂ ausgestoßen, wodurch der atmosphärische Gehalt von vorindustriellen 280 ppm auf heute 410 ppm (Stand 2019) stieg (siehe Abb. 1). Das ist eine Steigerung über das durchschnittliche Niveau der letzten Million Jahre auf fast das Eineinhalbfache – in weniger als 100 Jahren.

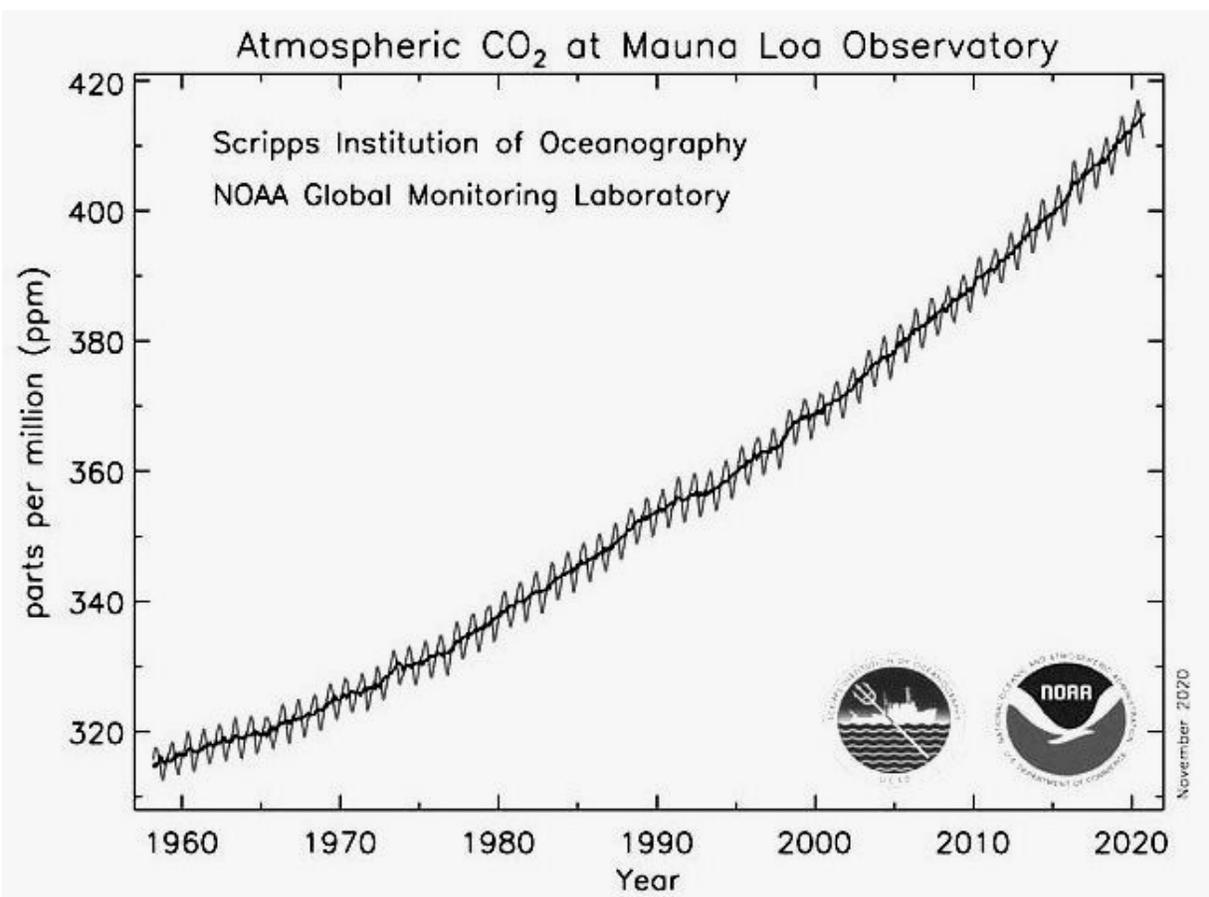


Abb. 1: Entwicklung des atmosphärischen CO₂ (NOAA 2020)¹¹

Und wir emittieren noch weitere Treibhausgase: Methan (CH_4), Lachgas (N_2O) und halogenierte Kohlenstoffverbindungen (HalC). Methan wird von Wiederkäuern beim Verdauen ausgestoßen und bildet sich bei der Nasskultur von Reis. Lachgas entsteht aus anderen Stickstoffverbindungen und ist damit eine Folge der Düngung. Beide Treibhausgase sind also stark an die Landwirtschaft, das heißt an unsere Essgewohnheiten, gekoppelt. Zur Stoffklasse der halogenierten Kohlenstoffverbindungen gehören die Fluorchlorkohlenwasserstoffe, die etwa in Kühlgeräten eingesetzt werden. Dazu mehr in einem späteren Kapitel.

Wie stark unterscheiden sich diese Treibhausgase in ihrer Strahlungswirkung? Diese wird in Heizleistung pro Fläche (Watt/m^2) ausgedrückt, wobei die Temperatur bei positiver Strahlungswirkung steigt, bei negativer fällt und bei Null konstant bleibt. Im Jahr 2011¹² betrug die Strahlungswirkung $1,7 \text{ Watt/m}^2$ für CO_2 , $1,0 \text{ Watt/m}^2$ für (CH_4) und je knapp $0,2 \text{ Watt/m}^2$ für HalC und N_2O , insgesamt also etwa $3,1 \text{ Watt/m}^2$. Unter Abzug kühlender Effekte zum Beispiel durch Aerosole und durch Wolkenbildung resultiert eine anthropogene Gesamt-Strahlungswirkung von $2,3 \text{ Watt/m}^2$ (Stand 2011, IPCC 2014).

Dies ist zu vergleichen mit der „natürlichen“ Abstrahlung der Erde von etwa 340 Watt/m^2 . Die Oberflächentemperatur stellt sich dabei so ein, dass ein Gleichgewicht zwischen der Sonneneinstrahlung und der Abstrahlung durch die Erde besteht.

Der Mensch verursacht also einen Strahlungsbilanz-Fehler von über einem halben Prozent ($2,3 / 340 = 0,67 \%$), der auch noch jährlich zunimmt: Damit verschiebt sich die Gleichgewichtstemperatur der Erdoberfläche nach oben. Die Erde fängt quasi an zu schwitzen, wie ein Mensch, der sich in der warmen Sonne einen dunklen Pullover überzieht. Und da sie nicht schwitzen kann, im Gegensatz zu uns Warmblütern mit Schweißdrüsen zum Temperatúrausgleich, wird sie immer wärmer.

Um die verschiedenen Treibhausgase miteinander vergleichen zu können, werden alle auf die Wirksamkeit von CO_2 umgerechnet und als „ CO_2 -

Äquivalente“ (CO₂-Äquiv.) zusammengezählt. 2018 wurden global 49 Gt CO₂-Äquivalente ausgestoßen, davon etwa drei Viertel CO₂ und über ein Zehntel CH₄ (Crippa 2019).

Energieverbrauch

Wie hat sich der Energieverbrauch der Menschheit in den letzten Jahrhunderten verändert? Er ist naturgemäß gewachsen, und zwar schneller als die Bevölkerung, da wir im Durchschnitt mehr heizen, mehr reisen, mehr essen und mehr konsumieren. Dies gilt auch, wenn wir die Nutzung von Holz als Brennmaterial, von Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energien abziehen.

Abb. 2 zeigt dies unter Verwendung der sogenannten fossilen Primärenergie, das heißt der Summe an geförderter Kohle, Erdöl und Erdgas.

Bilanzen

Die anthropogene Emission von allen Treibhausgasen hat laut Information des Weltklimarates IPCC¹³ seit Beginn der Industrialisierung zu einer Zunahme der durchschnittlichen globalen Oberflächentemperatur von etwa 1,2 °C geführt (WMO 2020), mit deutlich höheren Werten in der Arktis und anderen nördlichen Gebieten. Wie schon erwähnt, betrug die Abweichung in Deutschland im Jahr 2020 bereits 2,2 °C.

Durch welche Tätigkeiten werden diese Treibhausgase erzeugt?

Die Verbrennung fossiler Energieträger zum Heizen, für den Verkehr, für die Stromerzeugung oder die Industrie trägt zu rund 60 % bei. Methan-Emissionen, hauptsächlich aus der Landwirtschaft, liefern weitere 20 %. Der nächstgrößte Posten stammt aus der Abholzung von Wäldern mit 10 %.¹⁴

Als Einzelbeispiele für die CO₂-Emission seien genannt: die Stromerzeugung (über 30 %), der Landverkehr (um 15 %), die

Betonherstellung (8 %), der Flugverkehr (2-4 %) und die Synthese von Stickstoffdüngern (1 %).

Länderbezogen hat sich China mit einer dramatischen Steigerung um den Faktor drei in nur 20 Jahren mit 28,8 % der globalen CO₂-Emissionen auf Platz eins kapultiert, mit weitem Abstand gefolgt von den USA (14,5 %), Indien (7,3 %) und Russland (4,5 %) (BP 2020)¹⁵.

Pro Kopf gerechnet und für alle Treibhausgase ergibt sich jedoch ein anderes Bild. Während der globale Durchschnitt 2018 bei 6,1 t CO₂-Äquiv. pro Person und Jahr lag, betragen die Zahlen beispielsweise für Australien 27 t, USA 20 t, Russland 14 t, Deutschland 12 t, China 9 t, Indien 2,5 t oder für Nigeria 1,7 t CO₂-Äquiv. pro Kopf und Jahr (Crippa 2019).

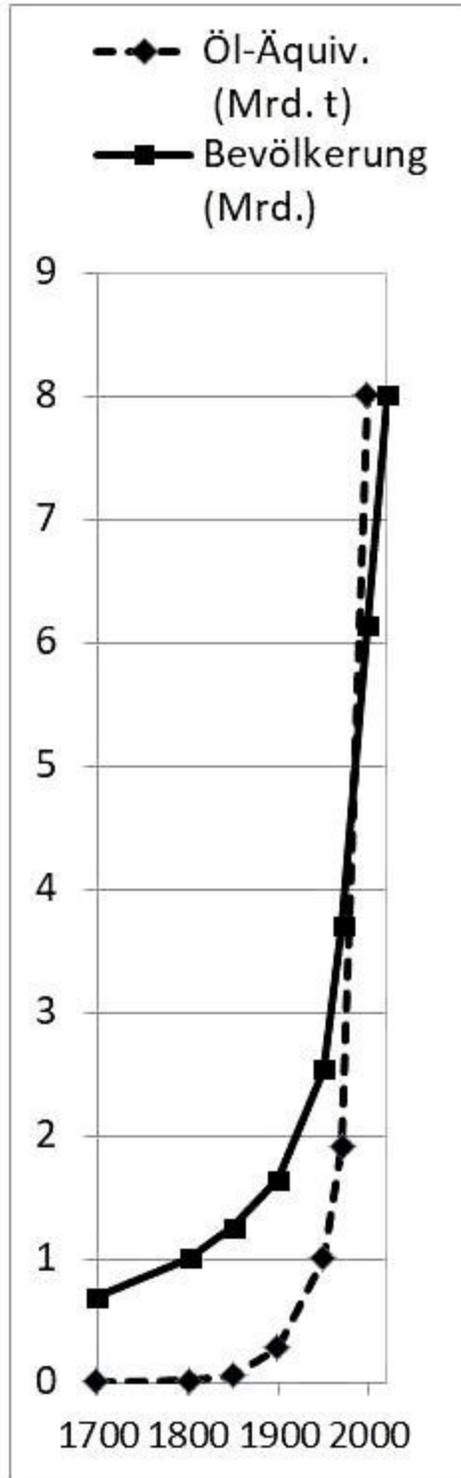


Abb. 2: Fossiler Primärenergie-verbrauch (nach Smil 2017) und Weltbevölkerung

Die persönliche Rechnung

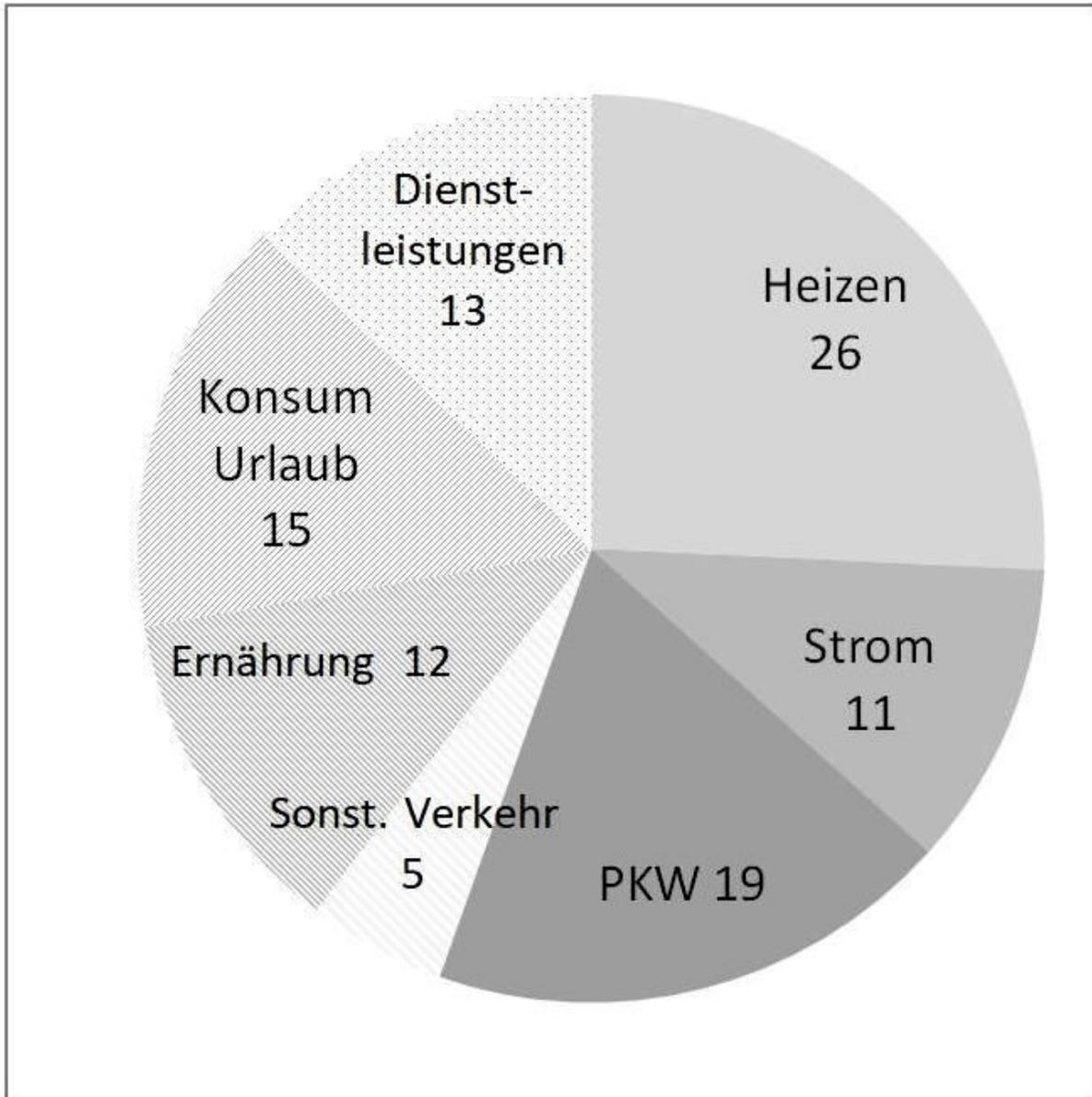


Abb. 3: Primärenergieverbrauch deutscher Haushalte (%) (Statistisches Bundesamt 2020)

Was bedeutet dies für den Einzelnen? Bei einem deutschen Haushalt verteilt sich der Primärenergieverbrauch bezogen auf die CO₂-Erzeugung folgendermaßen: Heizen 26 %, PKW 19 %, Ernährung 12 %, Strom 11 %, Konsum einschließlich Urlaub, Flug- und Bahnreisen die restlichen 33 % (siehe Abb. 3) (Statistisches Bundesamt 2020) und beläuft sich auf etwa 7 t CO₂ pro Jahr. Dazu kommen rund weitere 2 t CO₂ pro Jahr, die der

Privatkonsument nicht direkt beeinflussen kann, für den Energiebedarf etwa der Verkehrsinfrastruktur, der Schulen und Krankenhäuser.

Und hierzu sind nochmals rund 3 t CO₂-Äquiv. pro Jahr aus Methan und Lachgas, also hauptsächlich aus der Ernährung, zu addieren, um auf den deutschen Treibhausgasdurchschnitt von 12 t CO₂-Äquiv. pro Person und Jahr zu kommen.

Das sind statistische Werte – vom Kleinkind bis zum Greis wird jeder gleich berücksichtigt – und abhängig vom Lebensstil. So erhöht ein einziger Interkontinental-Rückflug den persönlichen Ausstoß sofort um 2-4 t CO₂, und damit um rund ein Viertel über den deutschen Jahresdurchschnittswert.

Es besteht Konsens, dass die Nachteile einer Temperaturerhöhung deren Vorteile bei weitem überwiegen, sowohl für den Menschen als auch für die restliche Natur. Die Wissenschaft kann die Höhe dieser Nachteile nicht genau beziffern und warnt außerdem vor sogenannten „Kippeffekten“. Dies wären etwa ein Austrocknen des Amazonas-Urwaldes oder der Stillstand des Golfstroms. Die Politik hat daher ein Ziel vorgegeben, und zwar eine Temperaturerhöhung von 1,5 °C nicht zu überschreiten.

Hier kommt nun wieder die Wissenschaft ins Spiel: Der IPCC schätzt, um dieses Ziel zu halten, würde nur noch ein „Treibhausgasbudget“ von 400-600 Gt CO₂-Äquiv. verbleiben.

Der Haken ist: Dieses Budget wäre beim jetzigen Jahresausstoß bereits in rund 10 Jahren ausgeschöpft.

Für den Einzelnen bedeutet dies im Klartext, er müsste seinen Lebenswandel innerhalb von kurzer Zeit klimagasneutral umstellen.

Die globale Klimaformel auf dem Bierdeckel

Um die Wirkung unserer Lebensweise auf das Klima oder allgemein auf begrenzte Ressourcen abzuschätzen, kann man aus globaler Sicht folgende Formel¹⁶ verwenden:

$$A = B * K * T$$

Dabei bedeuten die Buchstaben Folgendes:

A = Auswirkung auf die Atmosphäre und damit auf das Klima, allgemein auf begrenzte Ressourcen

B = Größe der Weltbevölkerung

K = Konsum; üblicherweise wird als Näherung hierfür das Bruttoinlandsprodukt (BIP)¹⁷ pro Person verwendet

T = spezifische Technologiewirkung auf das Klima, allgemein auf begrenzte Ressourcen

Der Faktor T, die Technologiewirkung, bedeutet Folgendes: Bei gleichem Konsum kann die dafür verbrauchte Energie unterschiedlich sein. Ein Kraftwerk kann Elektrizität mit höherer oder niedrigerer Ausbeute produzieren, ein Auto oder eine Lampe können mehr oder weniger Treibstoff bzw. Strom verbrauchen. Zudem kann die Energiequelle „erneuerbar“ sein, für Strom also etwa Solarzellen, Windturbinen oder Wasserkraft, und benötigt damit für ihren Betrieb keine fossilen Ressourcen. Analoges gilt für den Artenschutz. Landwirtschaft kann mehr oder weniger naturverträglich betrieben, Wälder, Städte und Gärten können mehr oder weniger naturnah gepflegt werden.

Das Ringen um Technologieverbesserungen nimmt in der Öffentlichkeit und der Politik einen breiten Raum ein – denken wir nur an die Elektromobilität, an die kontroversen Diskussionen über die Windkraft oder an Wasserstoff als Energiespeicher. Hier werde ich das Thema allerdings nicht weiter vertiefen; das wäre genügend Stoff für ein zweites Buch!

Die obige Formel ist sehr simpel und passt sozusagen auf einen Bierdeckel. Sie ist deshalb natürlich auch nur eine grobe Abschätzung. Ein systematischer Fehler liegt zum Beispiel darin, dass das BIP proportional zum Klimagasausstoß gesetzt wird. Vereinfachend wird unterstellt, dass das BIP proportional zu den hergestellten materiellen Produkten ist und diese wiederum einen proportionalen Anteil an Klimagasen bei ihrer Herstellung erzeugen. Dies ist nicht immer richtig, da etwa Dienstleistungen, die in

reichen Gesellschaften einen steigenden Anteil am BIP haben, weniger Klimaauswirkungen haben als zum Beispiel die Stahl- oder Zementherstellung.

Beim Faktor BIP verbirgt sich sogar ein noch tiefer liegender systematischer Fehler: Unreflektiert setzen wir das BIP als gleichbedeutend mit Wohlstand an, dessen Steigerung immer erstrebenswert sei. Unterschlagen wird jedoch, und das ist in der ökonomischen Fachwelt bekannt, dass nicht jeder Bestandteil des BIP das Wohlbefinden erhöht, zum Beispiel übermäßiges Essen mit seinen Gesundheitsfolgen, Kriegsführung, die Erzeugung von Abfall. Zudem fehlen im BIP Bestandteile, die negativen Einfluss auf den Wohlstand haben: die „externen Kosten“. Darunter versteht man Kosten, die der Marktteilnehmer zwar verursacht, aber nicht bezahlen muss, und die damit im BIP nicht auftauchen. Dazu gehören zum Beispiel Schäden an der Umwelt (Smog in großen Städten, Trinkwasserverschmutzung, Vernichtung von Insekten und Blütenpflanzen durch Pestizide der Landwirtschaft), Gesundheitsschäden (Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch Übergewicht oder Stress) und Schäden in der Zukunft (Klimawandel, Artensterben). All diese Schäden bezahlt niemand direkt und sofort in Geld, und deshalb tauchen sie nicht als (negativer) Bestandteil des BIP auf. Des Weiteren gibt es Faktoren des Wohlbefindens, die üblicherweise nicht in Geld ausgedrückt werden, wie Gesundheit, Sicherheit, eine naturnahe Umgebung. Das Bruttoinlandsprodukt ist also nur eine äußerst grobe Näherung für die Messung des Wohlstandes.

Wenn wir die „Bierdeckel-Formel“ betrachten, stellen sich entsprechend den drei Faktoren auf der rechten Seite der Gleichung die folgenden drei Fragen:

- Welche Weltbevölkerungszahl halten wir für tragfähig und wie können wir sie beeinflussen?
- Welchen Wohlstand – gemeint ist hier der klimagasrelevante Konsum – halten wir für wünschenswert und tragfähig, und wie können wir ihn inklusive der Verteilung steuern?

- Wie können wir die Technologie möglichst rasch klimaneutral umbauen?

Nichtstun ist keine gute Lösung, und zwar aufgrund folgender Überlegungen:

1. Die Temperaturerhöhung führt zum Abschmelzen der Gletscher und zu einer Erwärmung vor allem der oberen Meeresschichten, was beides eine Erhöhung des Meeresspiegels zur Folge haben wird¹⁸. Niedrig liegende Küstengebiete werden überschwemmt und in flachen Landesteilen kann das Grundwasser versalzen, wie etwa im Gangesdelta in Bangladesch.
2. Für die Mehrzahl der Menschen, vor allem in den tropischen Breitengraden, verschlechtern sich die Lebens- und die landwirtschaftlichen Bedingungen: Man kann davon ausgehen, dass die Ernteerträge fallen werden und damit Hungersnöte drohen.
3. Die Verkürzung der Schneebedeckungszeiten im Winter beschleunigt die Erwärmung zusätzlich, da weiße Flächen mehr Sonnenstrahlung reflektieren und damit zur Kühlung beitragen. Der Permafrostboden in nördlichen Breiten taut auf und gibt Methan frei, das als Treibhausgas den Klimawandel weiter beschleunigt.
4. Extremwetter-Ereignisse wie tropische Wirbelstürme über dem Meer, Stürme auf dem Land, Starkregen und Trockenheitsperioden nehmen zu. In den gemäßigten Zonen häufen sich die Waldbrände.
5. Das Meer versauert durch das CO₂ und wird an der Oberfläche wärmer, was zum Korallensterben führt und über geringere Durchmischung den Sauerstoffgehalt im Meer absinken lässt.
6. Tropische Krankheiten dringen in die gemäßigten Breiten vor. Arten sterben aus, weil sie langsamer wandern als die Klimazonen sich verschieben. Nur wenige können sich freuen, wie die Skandinavier, die bald Weinbau betreiben können ...

Dies alles ist bekannt. Dennoch stellt man in der Realität fest, dass weder die Staatengemeinschaft noch die einzelnen Nationen noch die meisten

Menschen sich wirksam genug um diese Problematik kümmern – das ist die sogenannte Tragik der Allmende.

Das Wort „Allmende“ bezeichnete im Mittelalter die Gemeindeflur oder das Gemeindegut im Besitz einer Dorfgemeinschaft. Schon 1968 wurde die „Tragik der Allmende“ als Symbol für die Umweltzerstörung verwendet, die zu erwarten ist, wenn unabhängige Individuen eine knappe Ressource gemeinsam nutzen (Hardin 1968). Dies wurde am Beispiel einer Gemeindeflur beschrieben. Der einzelne Landwirt erzielt Gewinn aus seinen Tieren. Wenn er mehr Tiere weiden lässt, als es seinem Anteil entspricht, so hat er den sofortigen Nutzen, während der Schaden der Überweidung erst verzögert auftritt und mehrheitlich von den anderen Landwirten getragen wird.

Die Welt ist eine Insel – und wir haben nur diese eine.

In der vorgeschichtlichen Vergangenheit gab es bereits zahlreiche Situationen, in denen Gruppen von Menschen an eine Insel gebunden waren, und sie sind mit Ressourcenproblemen unterschiedlich umgegangen. Dies wird im folgenden Kapitel näher beleuchtet.

⁴ 30 Stürme wurden benannt, wovon 12 – ebenfalls noch nie vorgekommen – das Festland erreichten.

⁵ Die Zahl der regionalen Hitzetage (mit einem Maximum über 30 °C) pro Jahr stieg von 4 (bis 1990) auf 12 (2015-2020). Im Rheingraben beträgt der Wert über 20.

⁶ 2020 betrug die Durchschnittstemperatur in Deutschland 10,4 °C gegenüber dem Mittel von 8,2 °C 1961-1990.

⁷ v. h.: „Vor heute“. Verwendet für Zeitangaben in der fernerer Vergangenheit. Die Erklärung aller Zeitangaben findet sich im Anhang.

⁸ ppm: Millionstel. Alle Einheiten und Mengenangaben sind im Anhang erläutert.

⁹ Kalk ist chemisch CaCO_3 (Calciumcarbonat), Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (Calciummagnesiumcarbonat). C steht für Kohlenstoff.

¹⁰ Die Intensität der Sonnenstrahlung unterliegt Schwankungen von etwa einem Promille; sie ist hoch bei einer starken Sonnenflecken-Aktivität.

¹¹ Warum ist es eine jährliche Zackenkurve? Auf der Nordhalbkugel gibt es mehr Biomasse (Wälder). Im Sommer bindet dieser Wald durch Photosynthese und Wachstum CO_2 , um es im Winter

durch Verrottung teilweise wieder abzugeben.

¹² Folgende Zahlen gerundet

¹³ IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, Weltklimarat, eine Organisation der Vereinten Nationen

¹⁴ Angaben zu Treibhausgasmengen sind mit erheblichen Unsicherheiten behaftet und sollten als Circa-Werte verstanden werden.

¹⁵ Zum Vergleich: Deutschland liegt bei 2,0 %.

¹⁶ Im Original: $I = P * A * T$ (Impact = Population * Affluence * Technology). Diese Formel wird Paul R. Ehrlich und John Holdren zugeschrieben, Anfang der 1970er Jahre.

¹⁷ Erläuterung des BIP siehe Anhang

¹⁸ Schätzungen gehen davon aus, dass die Erwärmung zu 1/3 und die Gletscherschmelze zu 2/3 zur Erhöhung des Meeresspiegels beitragen.