

# Das wahrscheinliche Szenario des Klimawandels

*Die Erde als Ganzes ist zum global  
verhunzten Aufenthaltsort geworden.  
(Otto Böhmer)*

Sollte ich diesen Artikel wirklich schreiben? Einiges sprach dafür, vor allem die Dringlichkeit, mit der ein Handeln in dieser Hinsicht notwendig ist; so manches aber auch dagegen:

- die Unzahl an Artikeln, die es zu diesem Thema bereits gibt
- die Komplexität des Themas ließ einen so kurzen Artikel, wie er mir vorschwebte, kaum zu
- die Scheu davor, ins Kitschige abzugleiten; hatte ich doch vor, die Chancen der Menschheit unter dem Aspekt des menschlichen So-Seins zu bewerten
- und letztlich erschien es mir unmöglich, nicht Gefahr zu laufen, dass manche Formulierungen als Zynismus ausgelegt werden – besonders von jenen, die dadurch ihre eigene Haltung kaschieren wollen. Viele Menschen stehen dem Thema Klimawandel desinteressiert bis ablehnend gegenüber. Genau diese träge Masse der Menschheit, die in ihrem Leben möglichst wenig an Veränderung zulassen will, wird zum allergrößten Problem werden.

...

Um den Artikel kurz zu halten wird er keinen Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erheben, also auch keine Quellenangaben enthalten (die wichtigsten Daten lassen sich leicht im Internet finden, weisen aber bisweilen erhebliche Unterschiede auf), und ich werde nicht gendern.

...

Manche Aussagen zum Thema Klimawandel werden nicht ernst genommen, weil sie so übertrieben erscheinen. Ich erinnere mich an Hochrechnungen des ‚Club of Rome‘ aus den 1970er-Jahren, anhand derer ich meine damaligen Schüler in der AHS-Oberstufe auf diese Problematik aufmerksam gemacht habe:

*Geht die Erwärmung der Erdoberfläche so weiter wie bisher (gemeint ist: exponentiell), wird sie in ca. 100 Jahren so heiß sein wie siedendes Wasser (100°C) und in ca. 400 Jahren so heiß wie die Oberfläche der Sonne (rund 6 000°C).*

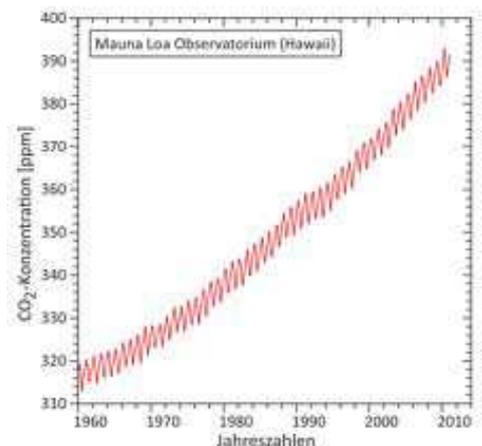
Mit solchen Aussagen erntet man Unverständnis und Ablehnung. Es sind mathematische Spielereien, die mit der realen Bedrohung unserer Welt nur sehr bedingt in Beziehung zu bringen sind. Später habe ich solche Beispiele nie wieder erwähnt, um die Thematik des Klimawandels nicht der Lächerlichkeit preiszugeben.

...

Klimaänderungen gibt es auf der Erde schon seit Langem; man denke nur an die Eiszeiten, die immer wieder von Warmzeiten abgelöst worden sind, und das ganz ohne menschliches Zutun. Die Erwärmung (ca. 1°C seit 1880), die wir als Mittelwert über alle Messstellen der Erde verzeichnen, könnte also durchaus auch ohne unser Zutun zustande gekommen sein – und der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre natürlich auch – aber nur dann, wenn wir uns dem bloßen Nichtstun hingäben. All unser Tun ist aber seit Jahrhunderten mit wachsendem Energieverbrauch verbunden, und da letztlich jede Art der Energie in Wärme endet, können wir nicht abstreiten, zur Erwärmung unseren Beitrag zu leisten.

Dies lässt sich auch nachweisen: Die auf Hawaii (also fernab aller Kontinente) durchgeführte Langzeit-CO<sub>2</sub>-Messung zeigt nämlich eine charakteristische Jahresschwankung: Wenn auf der dichter bevölkerten Nordhalbkugel Winter ist und mehr Brennstoffe verheizt werden, steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration, wenn auf der weniger dicht bevölkerten Südhalbkugel Winter ist, fällt sie wieder.

(CO<sub>2</sub> = Kohlenstoffdioxid)



Ein Problem besteht aber darin, dass es nicht möglich ist, zu bestimmen, welchen Beitrag zur Erwärmung wir leisten und welcher Anteil von der Erde selbst kommt. Und genau das spielt bequemen Menschen in die Hände, weil sie den menschlichen Beitrag als nahezu bedeutungslos abqualifizieren können. Im Prinzip besteht sogar die Möglichkeit, dass die Natur ohne den Menschen eine Abkühlung bewirken würde, die durch die Menschheit etwas mehr als ausgeglichen wird.

Worin liegen die Schwierigkeiten, den Anteil des Menschen quantitativ zu ermitteln? Wir kennen ja den jährlichen Energieverbrauch der Menschheit, müssten also auch angeben können, um wie viel sich die Erde dadurch im Mittel erwärmt. So einfach ist es aber nicht, weil es sich um ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Faktoren handelt, von denen wir vermutlich noch gar nicht alle kennen; einige werde ich aber in der Folge beschreiben.

Der Einfluss von Ozeanen und der Atmosphäre mit ihren Strömungen auf das Klima ist auch durch Modelle, die enorme Rechenleistungen auf Computern verbrauchen, noch nicht wirklich vorhersagbar. Die Änderung einer Meeresströmung wie des Golfstromes würde auch das Klima, vor allem in Europa, entscheidend verändern und natürlich auch das gesamte Strömungssystem der Erde beeinflussen.

Die Energie, mit der wir Atmosphäre und Meere erwärmen, lässt mehr Eis schmelzen und mehr Wasser verdunsten. Die Eisschmelze lässt Wasserspiegel steigen, die Verdunstung senkt sie wieder. Aber: die erhöhte Wasserdampfmenge in der Atmosphäre sorgt auch für erhöhte Niederschlagsmengen da und dort – die Gefahr von Überschwemmungen und Vermurungen steigt, ebenso wie jene der Verwüstung von Gegenden, in denen die Niederschläge über längere Zeit fehlen. Wo die Nass- und die Trockenzone sein werden, lässt sich bestenfalls abschätzen, aber nicht eindeutig vorhersagen, was das Treffen von Gegenmaßnahmen erschwert. Es ist ja nichts dagegen einzuwenden, schon vorab in die Sekundärmaßnahmen Hochwasserschutz und Bewässerung zu investieren, aber noch sinnvoller wäre es, als Primärmaßnahme den Energieverbrauch der Menschheit zu senken.

Obskur ist die ganze Art unserer Energiegewinnung: Auf einem Planeten lebend, der von außen reichlich mit Sonnenenergie versorgt wird und ein glühend heißes Inneres hat, sind wir vor allem damit beschäftigt, in der dünnen festen Kruste des Planeten nach Stoffen zu bohren und zu graben, die wir verbrennen, womit wir den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre senken und ihren CO<sub>2</sub>-Gehalt erhöhen.

## **Strahlung und Treibhausgase**

Die von der Sonne kommende Strahlung ist verantwortlich für Wetter und Klima auf der Erde. Dabei greifen aber einige andere Faktoren steuernd ein, wodurch das Geschehen komplex bis chaotisch wird. Die einfallende Strahlung wird teilweise von der Atmosphäre, teilweise von der Erdoberfläche reflektiert, also in den Weltraum zurückgestrahlt; jener Teil aber, der nicht reflektiert wird, wird absorbiert, also „verschluckt“, und wärmt Erdboden, Gewässer und Atmosphäre auf. Die untertags erzielte Erwärmung geht nachts zumindest teilweise wieder verloren, und zwar durch Abstrahlung in den Weltraum, wobei jedoch die Atmosphäre durch Reflexion wie eine schützende Hülle wirkt, die die Temperatur auch nachts nicht allzu stark sinken lässt, so dass sich – über die gesamte Erdoberfläche gemittelt – um 1880 eine Temperatur von etwa 14°C ergab, die bis heute um ca. 1° gestiegen ist.

Die von der Sonne kommende Strahlung umfasst ein breites Spektrum, besteht aber zum größten Teil aus kurzweiliger Strahlung im sichtbaren und ultravioletten (UV) Bereich. Die von der Erde ausgesandte Strahlung jedoch ist langwellige Infrarot (IR)-Strahlung. Einige Bestandteile der Atmosphäre haben die Eigenschaft, diese IR-Strahlung zu absorbieren, wodurch die Atmosphäre wärmer wird. Diese zunächst recht positiv klingende Tatsache hat aber einen negativen Effekt, der ganz simpel auszudrücken ist:

**Je größer die in der Atmosphäre enthaltene Energie, desto heftiger das Wettergeschehen.**

Dass das Wettergeschehen immer heftiger wird, ist unbestreitbar, allerdings ist dies nicht gleichermaßen über die Erde verteilt: Während es Gegenden gibt, in denen die Regenfälle zunehmen,

trocknen andere aus. Auffallend ist aber, dass die Wetter-Weltrekorde in immer kürzeren Abständen überboten werden.

Jene Bestandteile der Atmosphäre, die für ihre Erwärmung sorgen, werden „Treibhausgase“ genannt, weil wir uns immer mehr wie in einem Treibhaus fühlen. Auch da muss aber angemerkt werden, dass es keine Gleichverteilung über die gesamte Erde gibt: In manchen Gebieten wird es kaum wärmer oder kühlt es sogar ab, während andere Gebiete stärkere Erwärmung verzeichnen (war die mittlere Temperaturerhöhung während der letzten 100 Jahre über die Erde gemittelt  $0,74^{\circ}\text{C}$ , betrug der mittlere Anstieg in Österreich ca.  $2^{\circ}\text{C}$ ).

Unter den Treibhausgasen hat sich die Weltmeinung auf eines ganz besonders konzentriert: auf Kohlenstoffdioxid  $\text{CO}_2$ .

Die Freisetzung von  $\text{CO}_2$  ist gefährlicher, als zunächst zu vermuten ist:  $\text{CO}_2$  ist ein geruchloses Gas, schwerer als Luft, so dass es auch zum Löschen von Bränden verwendet wird, weil es den Sauerstoffzutritt zu Brandherden erschwert. Um Wasser prickelnd zu machen, ist es in Soda- und Mineralwässern enthalten, diese zu einer schwachen Kohlensäure machend, ebenso wie den „sauren Regen“ in Industrieregionen, in denen der  $\text{CO}_2$ -Anteil höher ist als sonst wo. Vor allem aber wirkt es in der Atmosphäre so, dass es die Wärmeabstrahlung von der Erde behindert (Sonnenlicht erwärmt die Erdoberfläche, die [infrarote] Wärmestrahlung aber kann die Erde nicht ungehindert verlassen), wodurch sich die Atmosphäre erwärmt.

Damit haben wir sozusagen eine Hebelwirkung geschaffen: Wir blasen für unsere Energiegewinnung ein „bisschen“  $\text{CO}_2$  in die Luft, und die Sonneneinstrahlung erwärmt unsere Atmosphäre weit stärker, als es aufgrund der Energie, die wir der Atmosphäre zugeführt haben, zu erwarten gewesen wäre. Und dieses System sollen wir handhaben können?

Durch die Zunahme des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes der Luft werden auch die Gewässer saurer, da sie Luft aufnehmen.  $\text{CO}_2$ , in Wasser gelöst, ergibt, wie oben schon erwähnt, Kohlensäure. Obwohl diese eine schwache und für uns ungefährliche Säure ist, reagieren im Wasser lebende Wesen oft extrem auf geringe Änderungen des pH-Wertes, der angibt, wie sauer oder basisch Wasser ist. Es ist daher wahrscheinlich, dass manche Lebensformen in absehbarer Zukunft aussterben werden, was zu Gleichgewichtsverschiebungen und einer Änderung des Artenspektrums führen würde. Sollte eine aussterbende Lebensform die Grundlage einer Nahrungskette bilden (wie etwa der Krill in antarktischen Gewässern), würde dies zu massenhaftem Sterben in den Ozeanen führen, weil die Evolution bei weitem nicht so rasch abläuft wie die Veränderungen, die wir verursachen; die Ozeane würden ihre bisherige Rolle zur Ernährung der Menschheit einbüßen, die auf den Kontinenten erzeugten Lebensmittel würden dies nicht ausgleichen können, und weltweite Hungersnöte wären die Folge.

### Speicher/Puffer

Bei  $\text{CO}_2$  ist es wohl am schwierigsten, festzustellen, wie belastend das vom Menschen freigesetzte  $\text{CO}_2$  für die Natur ist, da es Naturvorgänge gibt, bei denen  $\text{CO}_2$  verbraucht bzw. gespeichert wird:

1. Durch Photosynthese zur Bildung organischen Materials entziehen Pflanzen der Umgebung  $\text{CO}_2$  und geben dafür Sauerstoff  $\text{O}_2$  ab. Dies geschieht in etwa je zur Hälfte an Land und im Wasser. Nur: Je mehr wir an Wäldern vernichten und an Gewässern vergiften, desto weniger  $\text{CO}_2$  wird durch die Photosynthese verbraucht werden. Und zusätzlich setzt das Verbrennen fossiler Stoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle) jenes  $\text{CO}_2$  frei, das von Wäldern vor hunderten Millionen Jahren aufgenommen wurde. Was aber über Jahrtausenden der Atmosphäre entzogen wurde, wird jetzt in Jahrhunderten wieder an sie abgegeben.
2. Durch kalkbildende Organismen vor allem in den Ozeanen (Korallen, Muscheln etc.), die dafür dem Wasser  $\text{CO}_2$  entziehen (Kalk ist eine Verbindung aus Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff). Diese Organismen aber reagieren sehr sensibel auf Änderungen der Wasserqualität und so ist damit zu rechnen, dass dieser Weg des  $\text{CO}_2$ -Verbrauches allmählich versiegen wird.

3. Bleibt noch die Aufnahme von CO<sub>2</sub> durch das Wasser selbst, was manchen als großer Rettungsanker zur Reduktion des Gases in der Luft und damit zur Minderung des Treibhauseffekts erscheint (durch Einpumpen von CO<sub>2</sub>, z. B. aus der Industrie, in die Meere). Alle Lebewesen aber, die nur geringe Säurewerte tolerieren, würden dadurch absterben, was sich, wie schon erwähnt, verheerend auf die Nahrungskette bis hin zum Menschen auswirken würde. Zu bedenken ist auch, dass eine Erwärmung der Luft auch das Wasser erwärmen würde, warmes Wasser aber weniger an Gasen aufnimmt als kaltes Wasser. Eine allgemeine Erwärmung der Erde würde also Wasser als Speicher für CO<sub>2</sub> immer weniger brauchbar machen.

### **Andere Treibhausgase**

Jenes Gas, das den größten Beitrag zum Treibhauseffekt leistet, wirkt auf den ersten Blick völlig unverdächtig: Wasserdampf (H<sub>2</sub>O)! Luft enthält immer eine gewisse Menge an Wasserdampf, den sie Wasserflächen, aber auch dem Boden entnimmt. Je wärmer die Luft ist, desto mehr an Wasserdampf kann sie aufnehmen und es ist unschwer zu erkennen, dass dadurch ein sich selbst verstärkender Effekt auftritt: Je mehr H<sub>2</sub>O die Luft enthält, desto mehr heizt sie sich durch absorbierte IR-Strahlung auf und desto mehr H<sub>2</sub>O kann sie aufnehmen ...

Um mehr Wasserdampf in der Luft zu vermeiden, müsste man dafür sorgen, dass diese im weltweiten Mittel nicht wärmer wird. Gelingt dies nicht, werden durch die größere Wassermenge in der Atmosphäre auch Niederschläge heftiger, was ja zu beobachten ist.

Außer CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O gibt es noch weitere Treibhausgase, die in weitaus geringeren Mengen in der Atmosphäre enthalten, dafür aber in keine Kreisläufe eingebunden sind und sich deshalb hartnäckiger in der Atmosphäre halten. Um sie zu vermeiden, kann man nur ihre Produktion so weit wie möglich unterbinden (Kohlenstoff-Wasserstoff-Verbindungen wie Treibstoffe, Kühlmittel, aber auch das Methan, das, außer von der Industrie, von Wiederkäuern an die Atmosphäre abgegeben wird).

### **Die wahrscheinliche Zukunft**

Die Prognose ist denkbar schlecht angesichts der Tatsachen, dass

1. viele Menschen den Klimawandel überhaupt bezweifeln oder aber ein „Hinter mir die Sintflut“-Denken haben und ihnen nur die eigene Bequemlichkeit wichtig ist, nicht aber, wie es zukünftigen Generationen ergehen mag.
2. die Menschheit nicht imstande ist, selbst gesteckte Ziele zu erreichen, so mickrig diese auch sein mögen (z. B. die Klimaziele von Kyoto oder Paris). Als Grund dafür sehe ich einerseits die Tatsache, dass zwar viele Einzelmenschen intelligent sind, merkwürdigerweise aber ihre Gesamtheit, die Menschheit also, es nicht ist; andererseits die Menschheit in ihrer bisherigen Geschichte noch nie vor der Aufgabe gestanden ist, gemeinsam am Erreichen eines Zieles zu arbeiten.
3. die Menschheit zwar technische, nicht aber moralische Fortschritte macht und der nötige Quantensprung in der Menschheitsentwicklung ausbleibt.
4. die Menschheit zahlenmäßig zu groß geworden ist und immer noch weiter wächst, was die Ursache für ihre größten Probleme ist. Während des Großteils ihrer Geschichte lag sie unter einer Milliarde; erst in den letzten rund 200 Jahren stieg sie darüber hinaus:  
1804: 1 Md., 1927: 2 Md., 1960: 3 Md., 1974: 4 Md., 1987: 5 Md., 1996: 6 Md., 2011: 7 Md.
5. derzeit die Zahl der Menschen um mehr als 200 000 pro Tag steigt. Für diese rasche Bevölkerungszunahme ist auch der medizinische Fortschritt verantwortlich, von dem sich die meisten Menschen eine Lebensverlängerung und/oder eine Verbesserung der Lebensqualität erwarten. Da der medizinische Fortschritt fast nur positiv gesehen wird, wird es der Menschheit aus eigenem

Antrieb nicht gelingen, das Problem der Übervölkerung auf friedliche Weise in den Griff zu bekommen. Und dass es der Menschheit trotz zahlenmäßiger Zunahme gelingen wird, den Energieausstoß in die Atmosphäre in nicht allzu langer Zeit drastisch zu senken, ist extrem unwahrscheinlich. Damit ist es aber „5 nach 12“ und es wird ständig weiter bergab gehen. Das mögliche Ziel, die Natur, wie wir sie kennen, möglichst unversehrt zu erhalten, ist so groß und für viele so weit weg, dass es nicht als solches gesehen und deshalb auch grandios verfehlt werden wird. Zukünftige Maßnahmen könnten Einfluss darauf haben, in welcher Geschwindigkeit es bergab geht – die Talfahrt an sich wird aber unvermeidlich sein.

### **Welche Auswirkungen wird dies haben?**

Manche Gebiete werden unbewohnbar sein, die Menschen werden von dort abwandern (müssen) und es wird Auseinandersetzungen bis hin zu Kriegen um die noch bewohnbaren Gebiete geben. Es ist also damit zu rechnen, dass die Zahl der Kriege in Hinkunft zunehmen wird und der gewaltsame Tod in irgendeiner Zukunft an erster Stelle der Todesursachen stehen wird. Dies wird die Menschheit dezimieren. Da sie es nicht alleine schafft, sich zahlenmäßig zu beschränken, wird sie durch die Umstände dazu gezwungen werden, und zwar bis auf ein Maß, an dem sie das dann herrschende Gleichgewicht nicht mehr wesentlich zu verändern vermag. Vielleicht wird die Zahl der Menschen, wie es während der längsten Zeit ihrer Geschichte der Fall gewesen ist, wieder auf unter eine Milliarde sinken müssen, damit sie für den Rest der Natur wieder einigermaßen erträglich sein wird.

Möglich ist aber auch ein anderer Ausgang, nämlich dann, wenn es der Menschheit gelingt, sich bei den kriegerischen Auseinandersetzungen selbst auszurotten (vor allem durch Einsatz der Kernenergie). Dies wäre vielleicht nicht das Ende irdischen Lebens: Irgend etwas könnte überleben, vor allem in der Tiefsee, und die Evolution würde einen neuen Anlauf nehmen. Es gäbe vermutlich wieder eine Entwicklung, die zu wachsender Intelligenz führen würde. Die Frage, ob steigende Intelligenz prinzipiell zur eigenen Vernichtung führen muss, ist nicht eindeutig zu beantworten, aber ich halte es durchaus für möglich.

### **Was kann/soll der Einzelne tun?**

Nun, zunächst einmal nicht desinteressiert, sondern aufgeschlossen sein und versuchen, die Zusammenhänge zu verstehen.

Angesichts jener Mächtigen, die das Sagen haben, aber nicht die Reife, dies auch verantwortlich zu tun und angesichts der Lobbys, die das Geld haben, um die Welt nach ihren Wünschen zu beeinflussen, hat der Einzelne ohnehin nur eingeschränkte Möglichkeiten: Sich selbst aus dem allgemeinen Trend auszukoppeln, möglichst wenig Energie zu verbrauchen, vor allem aber möglichst wenig an fossilen Brennstoffen zu verheizen; eventuell „denen da oben“ unbequem zu sein. All das wird den beschriebenen wahrscheinlichen Weg in der zukünftigen Menschheitsgeschichte nicht stoppen können, aber eventuell verlangsamen, und sei es nur für die eigenen Kinder und Kindeskinde ...

Erwin Kohaut

Wien, im Dezember 2018