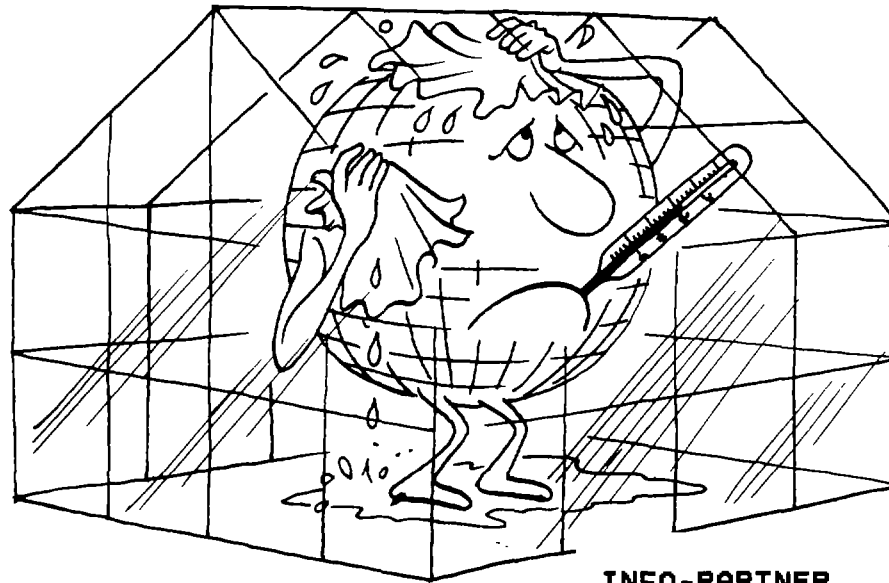


Wie wir unsere Erde zum Treibhaus machen

Unterwegs zur Klimakatastrophe durch Kohlendioxid



INFO-PARTNER



010451

Nationale Schweizerische UNESCO-Kommission
Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Handwritten text: Form (10.11.11) 11.11.11

Nach Unterlagen
der Nationalen Schweizerischen UNESCO-Kommission,
Sektion Exakte und Naturwissenschaften,
verfasst von Franz Auf der Maur

Illustrationen von Robert André

Bern 1983

Einleitung

Die Natur wandelt sich beständig; so haben die Erde und ihre Bewohner schon immer Klimaveränderungen erfahren müssen. Neu hingegen ist, dass der Mensch nun selber in den Klimablauf eingreift. Stichworte wie «saurer Regen», «Zerstörung der Ozonschicht» oder «Treibhauseffekt» beschäftigen in zunehmendem Mass Wissenschaft wie Öffentlichkeit.

Auf leichtverständliche Weise befasst sich diese Broschüre mit dem Treibhauseffekt. Durch Verbrennen von Kohle, Erdöl und Erdgas sowie durch das Abholzen grosser Waldgebiete, vor allem in den Tropen, reichert sich unsere Atmosphäre mit Kohlendioxid (CO₂) an. Zahlreiche Klimaforscher befürchten nun, dies werde eine weltweite Erwärmung auslösen. Eine solche Erwärmung aber müsste weitere Klimaveränderungen nach sich ziehen; vor allem die zu erwartenden Störungen in der Regenverteilung hätten weitreichende Folgen für die Landwirtschaft. Wie würde eine an Überbevölkerung leidende und in sich zerstrittene Menschheit mit «Klimarevolutionen» fertig?

Weil das Kohlendioxid-Problem weltumfassend ist und jeden einzelnen von uns trifft, hat sich die Sektion Exakte und Naturwissenschaften der Nationalen Schweizerischen UNESCO-Kommission in Erfüllung ihrer Aufgabe dieser Frage angenommen. Die folgenden Seiten erklären zuerst die naturwissenschaftlichen Hintergründe, bevor der Leser mit den möglichen Auswirkungen des Treibhauseffektes, aber auch mit Gegenmassnahmen vertraut gemacht wird.

Nationale Schweizerische UNESCO-Kommission
Sektion Exakte und Naturwissenschaften

1. Ein Blick ins kommende Jahrtausend: Warum die Klimaentwicklung zu einem brennenden Problem wird

Aus einem Geschichtsbuch des Jahres 2084:

Allen Weltuntergangsprophezeiungen zum Trotz hatte die Erde das Jahr 1999 überstanden. Doch dann stellte das neue Jahrtausend die Menschheit vor ihre schwerste Belastungsprobe. **Immer deutlicher zeichneten sich Klimaveränderungen ab.** Die Natur schien aus den Fugen geraten zu sein. Fruchtbare Anbaugelände erhielten monatelang keinen Tropfen Regen, während anderswo der Niederschlag nur allzu reichlich strömte und verheerende Überschwemmungen auslöste. Wirbelstürme suchten sich neue Bahnen und versetzten die Menschen in Schrecken.

Was die Bevölkerung indessen am meisten beunruhigte, war das unaufhaltsame Ansteigen des Meeresspiegels: Eine weltweite Temperaturerhöhung brachte die Eiskappen der Antarktis und auf Grönland zum Schmelzen. Bereits zeichnete sich ab, dass alle Hafenstädte sowie ausgedehnte Küstenstriche unter Wasser gesetzt würden. Millionen Menschen hatten sich auf eine Flucht ins Landesinnere vorzubereiten; das Wirtschaftsleben erfuhr schwere Störungen. Die Entwicklungsländer vor allem litten zudem unter Nahrungsmittelverknappung, hervorgerufen durch Dürrekatastrophen. Immer wieder brachen Unruhen aus.

Die Schweiz blieb vorderhand eine Insel relativer Ruhe. Meeresspiegelschwankungen konnten das Binnenland nur indirekt beeinflussen (vor allem die Rheinschifffahrt geriet durch den Verlust von Hafenanlagen in Schwierigkeiten), staatliche An-

Was ist Klima?

«Klima ist der mittlere Zustand der Atmosphäre über einem bestimmten Gebiet und der für dieses Gebiet charakteristische Ablauf der Witterung.»

Brockhaus-Enzyklopädie

Was heisst Treibhauseffekt?

Die Wirkung des Treibhauseffektes (auch Glashauseffekt genannt) erklärt Meyers Enzyklopädisches Lexikon:

«Kohlendioxid in der Atmosphäre lässt die kurzwellige Sonnenstrahlung mit relativ geringer Abschwächung zur Erdoberfläche gelangen, absorbiert jedoch den von der Erdoberfläche ausgehenden langwelligen Wärmestrahlungsanteil.»

Auf diese Weise heizt sich die Atmosphäre auf – desto stärker, je mehr Kohlendioxid sie enthält.

bauplanung garantierte eine ausreichende Selbstversorgung, und selbst der Tourismus hielt sich im Geschäft – der befürchtete Schneemangel trat nicht auf, da der Einfluss der Temperaturerhöhung durch reichlichere Niederschlagsmengen ausgeglichen wurde.

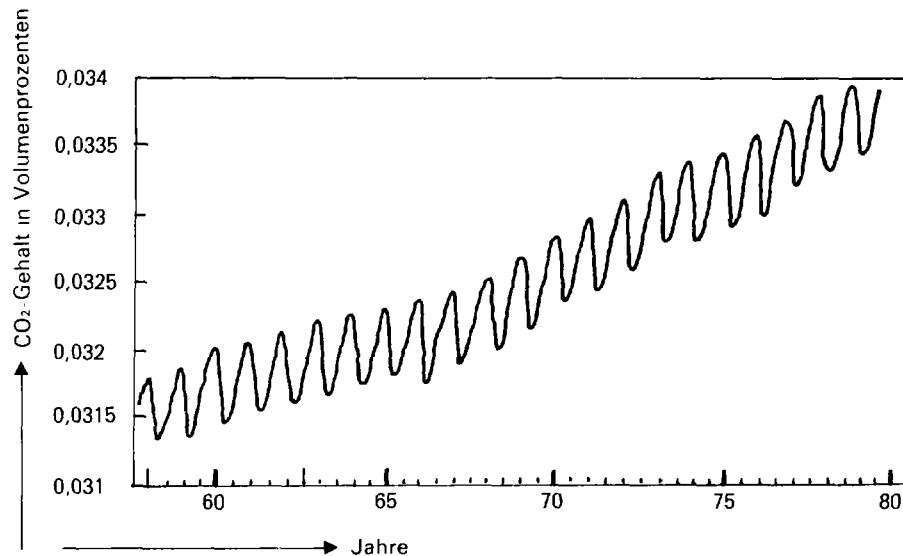
Die Ursache für das erschütterte Klimagleichgewicht war inzwischen allen bekannt: der Treibhauseffekt, hervorgerufen durch eine Erhöhung des Kohlendioxidgehaltes in der Atmosphäre. Gasförmiges Kohlendioxid, von den Chemikern CO_2 geschrieben, entsteht bei Verbrennungsvorgängen. **Kohlendioxid vermindert die Rückstrahlung der zur Erdoberfläche gelangten Sonnenenergie und wirkt auf diese Weise wie das Glasdach eines Treibhauses.**

Diese wärmende Hülle hatten sich die Menschen vor allem in den letzten Jahrzehnten durch ständig gestiegenen Verbrauch von Kohle, Erdöl und Erdgas selber geschaffen. Nun mussten sie die Folgen tragen: Der Niederschlagshaushalt war durcheinander geraten, und das in den Polargebieten schmelzende Festlandeis liess den Meeresspiegel ansteigen. Historiker stellten fest, dass die ersten eindringlichen Warnungen bereits in den Jahren nach 1970 erfolgten. Wissenschaftler hatten damals einen markanten Anstieg des Kohlendioxid-Gehaltes in der Lufthülle gemessen. Noch stiessen freilich Hinweise auf mögliche Gefahren durch den Treibhauseffekt in der Öffentlichkeit auf wenig Interesse.

Erst der wissenschaftliche Nachweis eines weltweiten Temperaturanstieges in den neunziger Jahren lenkte die allgemeine

Aufmerksamkeit auf das CO₂-Problem. Was zuvor nur Fachleute bewegt hatte, wurde nun zum Medienspektakel: Man diskutierte, polemisierte, erstellte Gutachten und Gegengutachten, hielt Konferenzen und Hearings ab, machte das Kohlendioxid zum Wahlkampfthema . . . Viele der verwirrten Bürger trösteten sich mit dem Gedanken, die Natur werde mit dem Problem schon selber fertig.

Kurz nach der Jahrtausendwende zeigte sich allerdings, dass solcher Optimismus verfehlt gewesen war: Klimaveränderungen durch Kohlendioxid hatten sich zur Menschheitsfrage Nummer eins entwickelt. Und für die nahe Zukunft sagten die Naturwissenschaftler eine Verschärfung der Lage voraus. Im Südpolargebiet, so die Prognose, werde der westantarktische Eisschild ins Meer rutschen, was zu einem weiteren Anstieg des Wasserspiegels führen müsste. Alle Küstenlandschaften der Erde mit ihren Millionenstädten würden überflutet.



Weltweiter Anstieg des Kohlendioxid-Gehalts der Luft, gemessen zwischen 1958 und 1980 auf dem Mauna-Loa-Observatorium, Hawaii. Die kurzfristigen Schwankungen entsprechen den Jahreszeiten. Im Sommerhalbjahr ist der CO₂-Gehalt geringer, da viel Kohlenstoff im Blattwerk der Laubbäume auf der Nordhalbkugel unserer Erde gespeichert bleibt.

Mensch und Klima

«In jüngster Zeit ist durch das häufige Auftreten von Dürre- und Überschwemmungskatastrophen das Interesse am Klima und seinen möglichen Auswirkungen stark gestiegen. Dabei haben wir die Erfahrung gemacht, dass wir trotz bemerkenswerter technologischer Fortschritte nach wie vor in hohem Mass vom Klima abhängig sind. Vor allem die Ernährungssicherung, die Energiebedarfsdeckung, die Wasserversorgung und nicht zuletzt Wohlbefinden und Gesundheit werden immer noch massgebend von dem jeweiligen Wetter und Klima und seiner Variabilität beeinflusst.»

Wilfrid Bach, Forschungsstelle für Angewandte Klimatologie der Universität Münster, 1982.

Solch düstere Aussichten liessen die Bewohner der Industriestaaten ganz unterschiedlich reagieren. Eine erste Gruppe versuchte, mit Hilfe der Technik dem Treibhauseffekt entgegenzuarbeiten: Möglichst viel Kohlendioxid sollte der Atmosphäre entzogen werden – ein gigantisches Unterfangen. Die zweite Gruppe entschloss sich zu gierigem Lebensgenuss gemäss dem (eigentlich gar nicht so abwegigen) Motto: «Nach uns die Sintflut!»

Den grössten Zulauf freilich hatte die dritte Gruppe, die sogenannte «Arche»-Bewegung. Diese Öko-Religion verband weltanschauliche Erneuerung mit Ratschlägen zum Überleben und gewann in der Schweiz entscheidenden Einfluss auf die Politik . . .

*

So weit also unser Blick in die Zukunft. Das hier entwickelte Szenarium zielt sicher, wie fast alle Prognosen, in etlichen Punkten an der Wirklichkeit vorbei. Andererseits, auch daran ist kaum zu zweifeln, dürften die meisten der angeführten Probleme entweder noch uns, bestimmt aber dann unseren Nachkommen ernsthaft zu schaffen machen. Wo nun aber stehen wir heute im Erkenntnisprozess?

- Sicher ist der Anstieg des Kohlendioxids in der Atmosphäre (mehr darüber im 3. Kapitel).
- Sicher ist, dass wir Menschen zum CO₂-Anstieg massgeblich beigetragen haben und noch weiter beitragen (Einzelheiten dazu ebenfalls im 3. sowie auch im 4. Kapitel).
- Zu erwarten ist der wissenschaftliche Nachweis des Treibhauseffektes – das heisst einer weltweiten Temperaturerhöhung – in den nächsten 10–15 Jahren. Gegenwärtig werden die Messungen noch zu stark durch kurzfristige Temperaturschwankungen beeinflusst (mehr über Klimaveränderungen im 2. und im 4. Kapitel).
- Zu erwarten ist, dass Temperaturerhöhungen weitere Klimaveränderungen nach sich ziehen werden: Der Niederschlagshaushalt gerät aus dem Gleichgewicht, schmelzendes Polareis bewirkt einen Anstieg des Meeresspiegels . . . Wie Klimaforscher aus der Vergangenheit auf die Zukunft schliessen, schildert das 4. Kapitel.
- Zu erwarten ist ferner, dass sich die meisten Klimaveränderungen für den Grossteil der Menschheit nachteilig auswirken. Wir haben uns nun einmal auf die gegenwärtigen Verhältnisse eingestellt; Abweichungen von dieser Norm müssten zu Anpassungsproblemen führen – beängstigende Aussichten in einer überbevölkerten Welt ohne Ausweichmöglichkeiten (Weiteres zu diesem Thema im 5. Kapitel).

Jahreszeiten verschleiern CO₂-Effekt

«Die Menschheit hat gelernt, mit kurzfristigen katastrophalen Veränderungen ihrer Umwelt wie Wirbelstürmen, Überflutungen, Dürreperioden, Vulkanausbrüchen, Erdbeben und Waldbränden fertig zu werden. Bei den Veränderungen, die sich auf Grund des ansteigenden Kohlendioxidgehaltes der Atmosphäre einstellen könnten, handelt es sich jedoch nicht um plötzlich hereinbrechende Naturereignisse, sondern um schleichende Verschiebungen in den Umweltbedingungen, die für die meisten Menschen wegen der jahreszeitlichen Klimaschwankungen kaum bemerkt werden.»

Roger Revelle, University of California, San Diego, 1982.

- Ungewiss ist der Faktor Zeit. Auf das Klima wirken sehr viele Einflüsse ein, natürliche wie anthropogene (das heisst durch den Menschen bestimmte). Eine Beschleunigung des Treibhauseffektes durch solche Einflüsse ist ebenso denkbar wie eine Verzögerung (weitere Informationen zu dieser wichtigen Frage liefern das 2. und das 4. Kapitel).
- Ungewiss – und zwar in hohem Mass – ist das künftige Verhalten der Menschheit im Zusammenhang mit dem CO₂-Problem. Im 5. Kapitel wird diskutiert, was wir tun können, um den Klimagefahren zu begegnen.

2. Die Klimageschichte lehrt: Wer sich nicht anpassen kann, muss fliehen oder sterben

Vor 63 Millionen Jahren starben innert kurzer Zeit die Saurier aus. Niemand weiss mit Sicherheit, warum die Riesenechsen, während langer Zeit unangefochtene Herren der Erde, so plötzlich und so vollzählig abtreten mussten. Sehr wahrscheinlich konnten sie sich nicht rasch genug an Umweltveränderungen anpassen. Viele Forscher vermuten, diese Veränderungen seien klimatischer Art gewesen. Hier eine der jüngsten Theorien, wie sie die Fachwelt diskutiert.

Da trifft also ein Riesenmeteorit die Erde und reisst einen tiefen Krater auf. Unmengen feinsten Gesteinsmaterials werden in die höheren Schichten der Atmosphäre geschleudert, wo Windströmungen sie rund um den Globus verfrachten. Jahrelang schirmt der Staub das Sonnenlicht teilweise ab – auf der Erdoberfläche wird es merklich kühler. Diesem Schock sind die Saurier nicht gewachsen . . . Tatsächlich lässt sich durch die Analyse von Kalkablagerungen aus jener Zeit feststellen, dass die Wassertemperaturen vor 63 Jahrmillionen um 2–3 Grad abgenommen haben.

Ein Kampf ums Überleben

*«In der Vergangenheit hat der Mensch Klimaveränderungen als Naturkatastrophen hingenommen und versucht, sich anzupassen oder in Gegenden mit besseren klimatischen Bedingungen auszuwandern. Bei den CO₂-bedingten Klimaveränderungen sind jedoch völlig neuartige Aspekte im Spiel: Es handelt sich um einen von Menschen bewirkten Vorgang. (. . .) Für Länder und Regionen ohne jegliche Elastizität der Lebensbedingungen, wo die Bevölkerung an Unterernährung leidet und Klimanomalien schon heute schwerwiegende Konsequenzen zeigen, wird eine zusätzliche Beanspruchung zum Lebenskampf.»
Hans Oeschger, Physikalisches Institut der Universität Bern, 1983.*

Was die Verschiebung der Klimazonen bewirkt

«Aus Untersuchungen über das Klima der Vergangenheit wissen wir, dass es von Natur aus Schwankungen unterliegt, mit denen wir auch in Zukunft rechnen müssen. Die genauen Ursachen dieser Klimaänderungen sind zurzeit noch nicht bekannt. Nachweisbar ist jedoch, dass die Verschiebung der Klimazonen und damit einhergehende Dürre- und Überschwemmungskatastrophen zu Ernteaussfällen geführt haben, die die Menschheit immer wieder vor ernsthafte Überlebensprobleme stellen – von weniger akuten Verschlechterungen des Lebensraumes einmal abgesehen.»

Wilfrid Bach, Forschungsstelle für Angewandte Klimatologie der Universität Münster, 1982.

Temperaturveränderungen dieser Grössenordnung wären auch durch den Treibhauseffekt zu erwarten. Freilich müsste die Anreicherung von Kohlendioxid in der Atmosphäre das Klima in entgegengesetzter Richtung beeinflussen – es würde nicht kälter, sondern wärmer.

Ausgezeichnet, mögen nun manche Leser denken. Wir freuen uns auf die verlängerte Badesaison, können Heizkosten sparen und vielleicht sogar exotische Früchte ernten. Eine solche Einstellung ist verständlich. Wir Mitteleuropäer sehnen uns nach Wärme; der alljährliche Ferienauszug Richtung Süden beweist dies deutlich genug. Deshalb kann uns wohl die Vorhersage einer neuen Eiszeit schrecken (Zeitungen spekulieren nicht ungern darüber), kaum aber die weit wahrscheinlichere Aussicht auf eine Temperaturerhöhung.

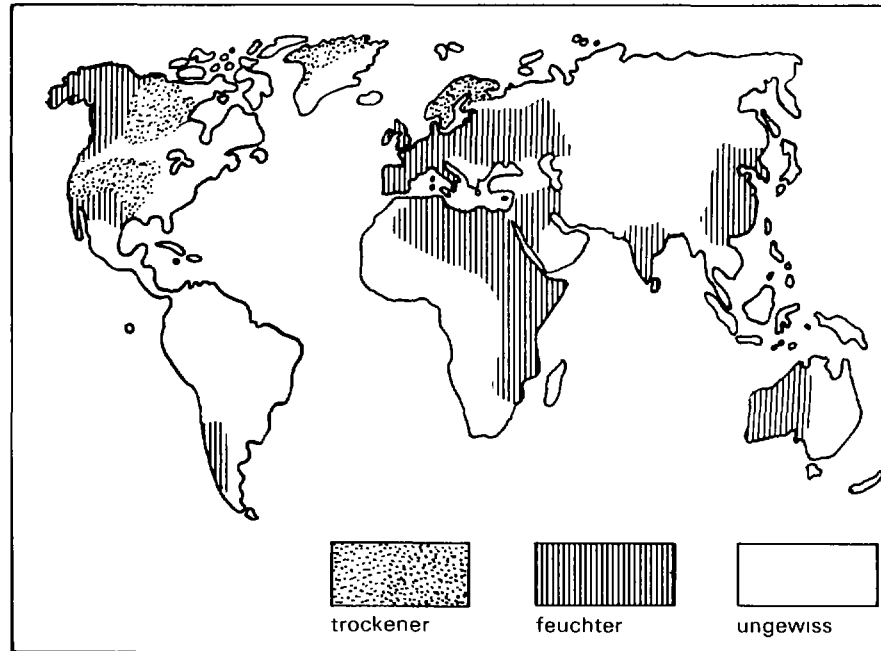
Doch aufgepasst: Selbst wer mit dem heimischen Klima unzufrieden ist, soll sich nicht auf Veränderungen freuen. **Eine weltweite «Klimarevolution», wie sie durch den CO₂-Anstieg in Gang gebracht werden könnte, wäre zweifellos eine der grössten Umwälzungen in der Menschheitsgeschichte – mit unabsehbaren wirtschaftlichen, sozialen und politischen Folgen.** Verschärft werden dürfte die Lage zweifellos durch das Bevölkerungswachstum: Je mehr Menschen sich auf engem Raum zusammendrängen, desto kritischer die Situation, sobald die Lebensmittelversorgung stockt.

Wir Bewohner Mitteleuropas haben es uns angewöhnt, ökologische Krisen ökonomisch zu kompensieren. Mit andern Worten: Durch schlechteres Wetter verursachte Ernteeinbussen lassen sich durch vermehrte Nahrungsmittelimporte wettmachen. Unsere Vorfahren hatten diese Ausweichmöglichkeit nicht. Serien von Schlechtwetterjahren (etwa am Ende des 17. Jahrhunderts oder um 1816, das als «Jahr ohne Sommer» in die Geschichte eingegangen ist) führten zwangsläufig zu Hungerkatastrophen. Weltweite Klimaveränderungen könnten grossräumig ähnliche Folgen zeitigen, falls Ernteüberschüsse zur Versorgung der Mangelgebiete ausblieben. Nach Ansicht von Fachleuten leben wir gegenwärtig in einer klimatischen Gunstzeit . . .

Treffend hat der britische Wissenschaftsjournalist Nigel Calder das Geschehen in unserer Atmosphäre als «Wettermaschine» beschrieben. Diese Maschine, deren Funktion für die Weltbevölkerung lebenswichtig ist, wird nun ausgerechnet durch Wärmeregelung gesteuert. **Das heisst, bereits geringe Temperaturveränderungen beeinflussen alle anderen Klimafaktoren merklich – besonders die Verteilung der Niederschläge.**

Etwas weiteres kommt hinzu: Bis sich die «Wettermaschine» auf gewandelte Betriebsbedingungen eingestellt haben wird, ist eine Phase der Instabilität mit extremen Klimaschwankungen zu durchlaufen – Schwankungen, an die sich unsere Kulturpflanzen wie Weizen oder Reis kaum in kurzer Zeit anpassen können. Ein Blick in die Erdgeschichte lehrt, wie sensibel Pflanzen, aber auch Tiere auf verändertes Klima reagieren. Auf dem Gebiet unseres Landes wuchsen einst Urwälder aus tropischen Riesenfarnen, ragten später Koralleninseln aus einem längst verschwundenen Ozean, verbreiteten schliesslich aus den Alpen ins Mittelland vorstossende Gletscher die Starre der Eiszeit.

Meist gingen die Klimaveränderungen der Vergangenheit so langsam vor sich, dass Pflanzen- und Tiergesellschaften sich entweder den neuen Verhältnissen anpassen oder dann in ihnen besser zusagende Gebiete ausweichen konnten. Einzig rasche Wechsel führten zu biologischen Katastrophen, von denen das Aussterben der Saurier (vorausgesetzt, die Ursache dafür lag tatsächlich beim Klima) wohl die spektakulärste war.



So könnte sich nach Meinung von Klimaforschern bei einem Temperaturanstieg die Verteilung der Niederschläge ändern

Über die Gründe der erdgeschichtlichen Klimaveränderungen gibt es zahlreiche Mutmassungen. Die Wissenschaft unterscheidet hier hauptsächlich zwischen astronomischen Theorien (Sonnensystem durchquert Wolken kosmischen Staubes, Neigungswinkel der Erdachse zur Ebene der Umlaufbahn um die Sonne ändert sich) und geologischen Theorien (Verschiebung der Kontinente, Auffaltung und Abtrag von Gebirgen, Vulkanausbrüche). Indessen lässt das Klima der Vorzeit noch viele Fragen offen – was nicht verwundern darf, beginnen wir doch erst damit, unser gegenwärtiges Klima einigermaßen verstehen zu lernen. Da so viele Faktoren mitspielen, ist Klimaforschung eine schwierige Aufgabe, selbst wenn Wetterbeobachtungssatelliten und Grosscomputer wertvolle Hilfe leisten.

Neu am Geschehen ist, dass der Mensch nun selber als Klimafaktor auftritt. Schon wiederholt hat unser Geschlecht (etwa durch radikale Abholzung) ins Naturgeschehen eingegrif-

fen – und oft genug dafür, beispielsweise durch Erosionsschäden, bezahlen müssen. Weltweite Naturkatastrophen, durch menschliche Aktivität ausgelöst, könnten uns aber erstmals mit dem Kohlendioxid-Anstieg in der Atmosphäre beschert werden.

Auch wenn dieser Vorgang – und die als Folge zu erwartende Temperaturerhöhung – sich nach unserem Zeitgefühl recht langsam abspielt, handelt es sich nach erdgeschichtlichen Massstäben doch um eine rasche Entwicklung. Wie würde die Vegetation (für uns entscheidend die Nahrungspflanzen) mit den veränderten Klimaverhältnissen fertig? **Und wohin könnten wir uns auf unserem überbevölkerten Planeten retten, wenn weite Landstriche innert einer Generation unbewohnbar werden sollten?**

Durch Freisetzen von Kohlendioxid (Einzelheiten dazu im nächsten Kapitel) könnte der Mensch das Weltklima auf vergleichbare Weise beeinflussen, wie es vor 63 Jahrmillionen der Meteorit getan hat, dessen Aufprall nach Meinung mancher Geologen zum Aussterben der Saurier führte.

Millionen auf der Wanderschaft

«Die Anpassung führt möglicherweise zu Wanderungsbewegungen in diejenigen Regionen, welche durch die Klimaänderungen begünstigt werden. Anpassungen von Volkswirtschaften an veränderte klimatische Verhältnisse und Wanderungsbewegungen von Millionen von Menschen werden mit beträchtlichen, wenn auch weit in der Zukunft liegenden Kosten verbunden sein. Diese Kosten hängen in hohem Masse davon ab, wie frühzeitig Informationen über die zu erwartenden Entwicklungen verfügbar sind.»

Klaus M. Meyer-Abich, Arbeitsgruppe Umwelt – Gesellschaft – Energie der Universität Essen, 1980.

3. Vom Kreislauf des Kohlenstoffs: Was Erdölverbrennung und Tropenwälder mit unserem Wohlergehen zu tun haben

Kohlenstoff ist das eigentliche Lebenselement. Pflanzen wie Tiere (und auch der Mensch) bestehen aus einem Gerüst von Kohlenstoffatomen, an welches sich Wasserstoffatome, Sauerstoffatome sowie weitere Atom«sorten» hängen. Bei allen Stoffwechselfvorgängen (Nahrungsaufnahme, Ausscheidung, Atmung) werden Kohlenstoffverbindungen von der Umwelt aufgenommen oder an sie abgegeben. Das Kohlendioxid (CO_2) als Verbindung eines Kohlenstoffatoms mit zwei Sauerstoffatomen spielt im weltweiten Kohlenstoffkreislauf die entscheidende Rolle.

Unsere Lufthülle enthält nur einen geringen – jedoch ständig zunehmenden – Anteil an Kohlendioxid von gegenwärtig 0,034 Volumenprozent. Dieses Drittelpromille indessen ist Voraussetzung für das Leben: Die Pflanzen nehmen Kohlendioxid aus der Luft auf und verwenden es (mit Hilfe von Sonnenlicht und Wasser) zum Aufbau von Stämmen, Stengeln, Ästen, Blättern, Blüten und Früchten. All dieses organische Material nennt der Biologe zusammenfassend Biomasse. Je nach Umständen kennt die Biomasse recht unterschiedliche Schicksale:

- Tiere und Menschen ernähren sich von pflanzlichen Stoffen, um damit eigene Körpersubstanz aufzubauen oder um Energie zu gewinnen – Wärme und Bewegung. Bei jedem Atemzug wird, sozusagen als «Abfallprodukt» der aufgenommenen Biomasse, Kohlendioxid ausgestossen. Damit hat sich der Kreislauf Luft–Pflanze–Tier/Mensch–Luft geschlossen. Obwohl für uns lebenswichtig, hat dieser Kreislauf mengenmässig nur geringen Anteil am weltweiten Kohlenstoffkreislauf.
- Der grösste Teil pflanzlicher Biomasse verrottet, das heisst, er wird durch Bakterien zersetzt und trägt dadurch zur Bodenbildung bei. Auch dieser Vorgang gibt Kohlendioxid an die Luft ab – ein weiterer Kreislauf schliesst sich.
- Gelegentlich aber gerät Biomasse unter sich bildende Gesteinsschichten, sei es auf dem Festland, sei es am Meeres-

grund. Hier können die Bakterien ihr Zersetzungswerk nicht ausüben. So bilden sich aus Landpflanzen mit der Zeit Kohlevorkommen, während sich die abgestorbenen Kleinlebewesen aus den Meeren zu Erdöl und Erdgas umwandeln. Jahrmillionenlang bleibt auf diese Weise viel Kohlenstoff dem Kreislauf entzogen – bis der Mensch die Bodenschätze hebt und durch Verbrennung das Kohlendioxid freisetzt.

Da liegt der Schlüssel zum Verständnis des Klimaproblems: Innert weniger Jahrzehnte verbrauchen wir jene Vorräte an fossilen Brennstoffen (eben Kohle, Erdöl und Erdgas), welche die Natur im Verlauf von Jahrmillionen angelegt hat. Das dabei entstehende Kohlendioxid – jeder Liter Öl und jedes Kilogramm Kohle setzen ungefähr drei Kilogramm CO₂ frei – reichert sich in der Atmosphäre an und verursacht den Treibhauseffekt: Die Wärme, die unsere Erde in den Weltraum zurückstrahlen möchte, wird zum Teil durch das Kohlendioxid in der Luft aufgefangen und zur Erde zurückgesandt. So heizen sich Lufthülle und Erde nach und nach auf. Dazu einige Zahlen: Um 1860, als sich die ersten Folgen der Industrialisierung abzeichneten, gelangten jährlich 0,5 Milliarden Tonnen anthropogenes (das heisst durch den Menschen freigesetztes) Kohlendioxid in die Atmosphäre. Heute sind es runde 20 Milliarden Tonnen – das Vierzigfache. **Allein die kleine Schweiz trägt dazu mit 40 Millionen Tonnen im Jahr bei.** Vor 120 Jahren enthielt die Luft

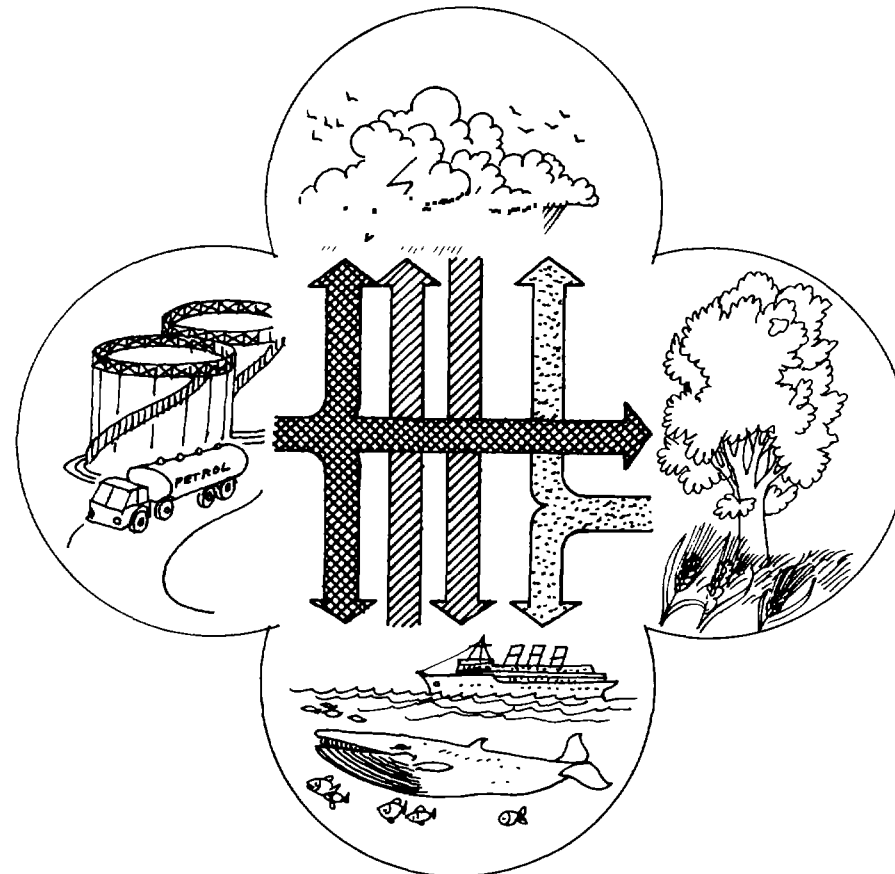
Mensch nutzt Sonnenenergie früherer Zeiten

«Bei der Zersetzung von Pflanzen und Tieren unter Luftabschluss bilden sich komplizierte kohlenstoffhaltige Verbindungen, wie etwa in früheren Jahrmillionen Kohle und Erdöl. Solche Vorgänge finden noch heute in den Mooren statt. In diesen Ökosystemen wird der Kohlenstoffkreislauf unterbrochen und der Kohlenstoff im Torf gebunden. In immer stärkerem Mass nutzt nun der Mensch diese überschüssige Sonnenenergie früherer Jahrmillionen, indem er Kohle und Erdölprodukte verbrennt, wobei sich Kohlendioxid in der Atmosphäre anreichert.»

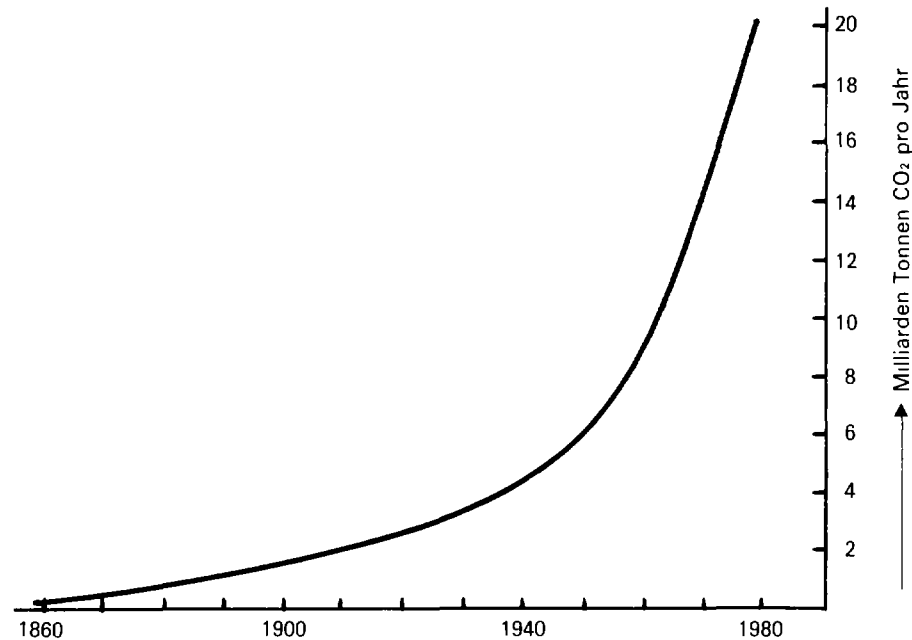
Frank Klötzli, Geobotanisches Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, 1980.

0,029 Prozent CO₂. Heute sind es 0,034 Prozent. Ein solcher Zuwachs um einen Siebtel innert verhältnismässig kurzer Zeit (was sind in der Erdgeschichte schon 120 Jahre!) ist alarmierend.

Eine weitere menschliche Tätigkeit, die dem Treibhauseffekt Vorschub leistet, ist die fortschreitende Zerstörung der tropischen Vegetation. Durch das Abholzen der Tropenwälder und



Vier «Reservoir» tauschen Kohlenstoff miteinander aus: oben die Atmosphäre (gasförmiges Kohlendioxid in der Luft), rechts die Biosphäre (Pflanzen atmen Kohlendioxid ein, beim Vermodern oder Verbrennen wird Kohlendioxid freigesetzt), unten die Ozeane (in der Oberflächenschicht gelöstes Kohlendioxid), links die Erde (speichert organischen Kohlenstoff in Form von Kohle, Erdöl und Erdgas). Durch Verbrauch dieser fossilen Brennstoffe reichert der Mensch in erster Linie die Atmosphäre mit Kohlendioxid an, wodurch der Treibhauseffekt entsteht.



Die Kurve zeigt die Zunahme des Verbrauchs fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) zwischen 1860 und 1980. Um 1860 wurden dadurch jährlich 0,5 Milliarden Tonnen Kohlendioxid an die Atmosphäre abgegeben, heute sind es runde 20 Milliarden Tonnen im Jahr.

durch den damit verbundenen Verlust von Humus gelangt Kohlendioxid in die Atmosphäre, das zuvor in Vegetation und Boden gebunden war. Da neun Zehntel der Landbiomasse im Wald enthalten sind, besitzt die Frage der Rodungen eine sehr grosse Bedeutung. Neuere Berechnungen zeigen, dass durch Vernichtung von Biomasse und Humusabbau die Atmosphäre jedes Jahr etwa zwei Milliarden Tonnen Kohlendioxid zusätzlich aufnehmen muss.

Die Entwaldung konzentriert sich heute vor allem auf die Entwicklungsländer, nachdem die Industriestaaten dem Raubbau auf ihrem Gebiet Einhalt geboten haben. Indessen sind die Industriestaaten führend im Verbrauch fossiler Brennstoffe. Mit zunehmender Industrialisierung der Dritten Welt wird aber auch dort der Energieverbrauch stark ansteigen. Gleichzeitig wird sich das Tempo der Entwaldung in tropischen Gebieten