

Der Klimawandel aus dem Blickwinkel der Physik und der Erdgeschichte

Teil 1

Dr.-Ing. Alexander Koewius, Ratingen

Wir werden vermutlich einmal als diejenige höhere Lebensform in die Geschichte dieses Planeten eingehen, die sich selbst Probleme von derartiger Tragweite bereitete, dass schwere globale Krisen unvermeidlich wurden. Dies im Grunde nur deswegen, weil die Diskrepanz zwischen intellektuellen (Einsicht heischenden) Fähigkeiten und der Bindung an biologisch wie kulturell erworbene Verhaltensmuster sich als unüberbrückbar erwies. [formuliert unter Verwendung eines Gedankens von Konrad Lorenz]

1. Nachdenkliches zur Grundsituation:

Der überproportional ansteigende Verbrauch an nicht-nachwachsenden Rohstoffen und eine dauernd nach oben gehende globale Bevölkerungsentwicklung dürften vermutlich in nicht allzu ferner Zeit (in 50 oder erst in 100 Jahren?) an Grenzen stoßen und Konsequenzen haben, die wohl nur als sehr schmerzlich erfahrbar sein werden. Ein solcher Pessimismus nährt sich aus Beobachtungen, die eigentlich ein beständig unangenehmes Gefühl erzeugen müssten, die uns aber schon deswegen nicht ständig im Bewusstsein haften, weil sie ja normalerweise kaum mit unserem alltäglichen, die ganze Aufmerksamkeit fordernden Tun und Treiben in Verbindung stehen. Die ungebrochen fortschreitende Abholzung der Regenwälder, die Überfischung der Meere, die Bedrohung der Artenvielfalt sind in obiger Hinsicht nur einige der unmittelbar ins Auge fallenden Einzelaspekte. Allgemeinere Aspekte, die letztlich **(a)** auf unsere (national orientierten) *materiellen Ansprüche* zurückzuführen sind, aber auch **(b)** einem *gewissen* (global orientierten) *Gerechtigkeitsdenken* entspringen; die treten dagegen nicht derart unmittelbar in Erscheinung. Zu **(a)** wäre vor allem der Widerspruch zu nennen, der sich daraus ergibt, dass auf der einen Seite (nationale) Verpflichtungen zur prozentualen Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger eingegangen werden, jedoch auf der anderen Seite seitens der (selben nationalen) Politik zumindest der *Eindruck* erweckt wird, der Staat könne seinen gesellschaftlichen, sprich: sozialen, Aufgaben *ohne Wachstum* der eigenen Volkswirtschaft nicht angemessen gerecht bleiben. Nun, wenn ein derart motiviertes, immer auch rein quantitatives Wachstum (also der „Wachstumsfetischismus“) in den relativ wohlhabenden Industrienationen für sich allein schon dem Bestreben entgegensteht, rechtzeitig ein verträgliches Gleichgewicht zwischen Mensch und – endlicher! – Natur herbeizuführen, wie muss man dann erst den als *gerechtfertigt anerkannten* (siehe **(b)**) *Aufholwunsch* der bevölkerungsreichen Schwellen- und Entwicklungsländer bewerten? Die Situation spiegelt sich unter anderem so wieder: Der WEC (= World Energy Council = Weltenergieerat) rechnet mit einer Verdopplung des globalen Energieverbrauchs bis 2050. Einer der Gründe: ca. 2 (von heute ca. 6,6) Milliarden Menschen haben derzeit keinen Zugang zu elektrischer Energie. Der WEC setzt sich zum Ziel, diese Zahl bis 2035 zu halbieren. Allgemein aber sei – nach Meinung des WEC – die Vorstellung ganz zu verwerfen, dass der Verbrauchsanstieg in überschaubarem Zeitraum gestoppt werden könnte. Das gelte ebenso für den zusätzlich hiermit verbundenen CO₂-Ausstoß, der allenfalls dadurch zu mindern sei, wenn man – bei zusätzlichen Kraftwerken – zügig und überall gleichzeitig auf mehr Kernkraft, erneuerbare Energien und CO₂-freie Kohleverstromung setzen würde bzw. könnte.

Wenn man so in den Zeitungen blättert, dann zeigt sich, dass die Komplexe Klima(wandel), Umwelt(schutz) und CO₂ –Emissionen zum Dauerthema geworden sind. Allerdings betreffen (bezüglich CO₂) die Meldungen und Darstellungen meist nur zwei Punkte: **(a)** Wer emittiert in welchem Bereich wieviel CO₂ pro Zeiteinheit? **(b)** Wo, wie und in welchem Umfang lässt sich der Primärenergieverbrauch (und damit – da bekanntlich eine starke, ca. 80% betragende Kopplung zwischen Primärenergieverbrauch und CO₂-Emission herrscht – auch der CO₂-Ausstoß) im einzelnen und durch den Einzelnen senken?

Gewiss, solche Detailfragen mögen Bedeutung für ein Industrieland haben, das sich überdurchschnittlich hohe Ziele zur prozentualen Reduzierung des CO₂-Ausstoßes – und damit des hiermit noch weitgehend parallel verlaufenden Energieverbrauchs – innerhalb von 15, 20 oder 40 Jahren gesetzt hat. Sicher hätte derartiges einen global fühlbaren positiven Effekt, aber nur dann, wenn alle großen Industrieländer da an einem Strang zögen (was derzeit nicht der Fall ist, siehe „USA und Kyoto-Klimavereinbarung“). Gewiss mag sich mancher mit dem Gedanken trösten, die vom Weltklimarat

(= IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) untersuchte und propagierte CO₂-Problematik sei auf jeden Fall dem eigentlichen Ziel förderlich, nämlich der Schonung unersetzlicher Ressourcen, die man ja für ein menschenwürdiges Leben auch in der fernerer Zukunft als unverzichtbar ansieht und die deshalb möglichst nicht einfach so verbrannt werden sollten.

In diesem Kontext sind wir aber leider gezwungen, uns gewisse *Eigenheiten* der menschlichen Natur ins Bewusstsein zu rufen, die in Zukunft viel wesentlicher zu Buche schlagen und vermutlich alle gut gemeinten Einzelbemühungen zum Schutze der Umwelt konterkarieren werden; Eigenheiten, die wir an sich mit jeder Lebensform auf dieser Erde teilen und die vorstehend schon angedeutet wurden.

Bleiben wir in unseren Überlegungen erst einmal so grundsätzlich wie möglich: Jeder der vielen Lebensformen auf diesem Planeten sind von der Natur vitale Verhaltensmuster mitgegeben, die ihnen das „Überleben der Art“ garantieren soll. Letzteres schließt zum einen die Maximierung der Anzahl der jeweils zugehörigen Individuen ein, soweit eben die natürlichen Umstände dies erlauben. Zum anderen sind hierin eingeschlossen materielle Lebensbedingungen, die mindestens dafür sorgen, dass dem Individuum für sich genommen Zeit bleibt, sich (auf welche Weise auch immer) fortzupflanzen. So genannte „natürliche Grenzen“ für eine Lebensform ergeben sich insoweit, als diese sich – im Rahmen eines endlich zur Verfügung stehenden (örtlichen) Raums und/oder begrenzten Nahrungsangebots – in *Konkurrenz* mit anderen ähnlichen Lebensformen befinden; ebenso aber auch durch *spezifische Ansprüche* einer ins Auge gefassten (Tier)art an das örtliche Klima. Ändert sich das (Welt)klima, wie die Erkundungen erdgeschichtlicher Zeiträume als Normalfall belegen, derart langsam, dass Anpassung oder örtliches Ausweichen möglich ist, dann stellt eine solche Änderung nicht eigentlich eine Bedrohung für die Art dar. Meist herrschte also ein lang dauernder, ‚quasi-stabiler‘ Gleichgewichtszustand, weil die Arten – wenigstens im Großen und Ganzen – sozusagen der Maxime gehorchten, die da lautet „Im Einklang mit der Natur sollst Du leben!“ Im übrigen legen Begriffe wie „Anpassungsfähigkeit“ und „Ausweichmöglichkeit“ bereits die Definition dessen nahe, was den bloßen „Klimawandel“ von der handfesten „Klimakatastrophe“ unterscheidet.

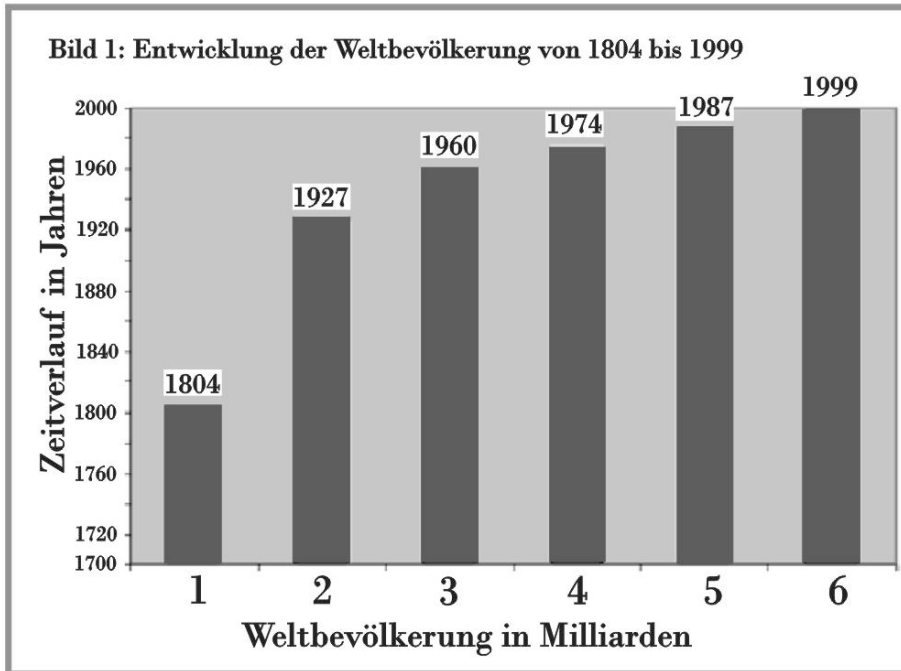
Nun aber der Mensch als selbsternannte „Krone der Schöpfung“, die sich das Begriffspaar „Mensch und Natur“ ausgedacht hat, als ob sie selbst nicht „als *eine* Spezies unter vielen bewundernswerten Tieren“ [K. Lorenz] der Lebensgemeinschaft dieses Planeten unmittelbar angehöre! Dank seiner verstandesmäßigen, in hervorragender Weise der Lebensbewältigung dienlichen Fähigkeiten hat der Mensch sich allerdings zum beherrschenden Lebewesen entwickelt, für das (örtliche) Beschränkungen im oben angedeuteten Sinne nicht mehr gelten. Stattdessen aber kamen – und das ist erst wenige Jahrzehnte her – Grenzen anderer Art in seine Sichtweite; *Grenzen von globaler Natur*, derer sich die Menschheit vordem nicht recht bewusst gewesen war. Erst mit 1972, dem Erscheinungsjahr des ersten Berichts des Club of Rome, „The Limits to Growth“, mit seinen auf die Endlichkeit der erdgebundenen Ressourcen und das Bevölkerungswachstum gerichteten Mahnungen; erst hiermit setzte eine Nachdenklichkeit ein, die größere Kreise erfasste, jedoch ohne dass hieraus ernst zu nehmende, gegensteuernde Konsequenzen auf Weltebene resultierten. Letzteres mag seit Beginn der Klimadiskussion in den 1990er Jahren anders geworden sein, aber:

- Nach wie vor wächst die Weltbevölkerung rasant, **Bild 1**, übrigens weitgehend konform mit den 1972 für unsere Gegenwart errechneten Prognosen! Vorausschätzungen dieser Art sind, – man darf wohl Vertrauen haben, – verlässlich: 2011/12 → 7 Milliarden; 202x → 8 Milliarden, und so weiter (??)
- Nach wie vor wächst der durch Naturwissenschaft und Technik beförderte Spielraum für materielle, d.h. für letztlich und maßgeblich auf den Bodenschätzen beruhende Ansprüche; ein Spielraum, der weit über das hinausgeht, was für eine menschenwürdige Existenz als Minimum erforderlich erscheint.

Zahl der Anspruchssteller und Anspruchsspielraum! Das sind zwei *voneinander unabhängige* Parameter, die für die Intensität unserer ‚anthropogenen Umwelttransformation‘ die eigentliche Rolle spielen. Und zwar sind diese sicher *dann* *voneinander unabhängig*, wenn die Grenzen des Wachstums tatsächlich (noch lange) nicht erreicht sein sollten, bzw. wenn man – im entgegen gesetzten Falle – in aller Unbedarftheit und ohne Rechtfertigung so tut, als wären diese Grenzen nicht erreicht.

Zur (hier stets global verstandenen) Umwelt gehören bekanntlich nicht nur die mannigfach besiedelten Landmassen und Ozeane. Ihr dritter wesentlicher Bestandteil besteht in der Atmosphäre, also in jenem

ganz wunderbaren Gebilde, dessen Zusammensetzung vor allem die Grundlage schafft, dass Tiere Sauerstoff (O₂) einatmen können und für die Pflanzen Kohlendioxid (CO₂) für deren Photosynthese bereit steht. Die heutige Atmosphäre setzt sich – rund gerechnet und zunächst von H₂O-Dampf und



>> Einer meiner Bekannten, (er ist türkischer Herkunft und Professor für Nationalökonomie in San Francisco), hat einmal den lapidaren Ausspruch getan, es gäbe unter den Gefahren, die die heutige Menschheit bedrohen, keine, die nicht letzten Endes aus der Bevölkerungslawine entstehe, und auch keine, die anders als durch Erziehung zu lösen sei. <<

[Konrad Lorenz/ K.L.Mündl, „Noah würde Segel setzen“, DTV 1987]

Quelle: ZIRP

Was das Bild besonders deutlich zeigt, ist der bisher *immer kürzer gewordene* Zeitabstand von einer Menschen-Milliarde bis zur nächsten. Man ergänze: „7 in 2011/12“, was als ziemlich **gewiss** erscheint.

>> Die Triebausstattung des Menschen krankt daran, dass sie eine solche Hemmung (die Ausbeutung der Umwelt betreffend) nicht enthält. **„Seid fruchtbar und mehret euch. Nehmet die Welt und macht sie euch untertan“** – das sind die Lehren, die der Mensch bekommt; und sie sind allesamt Lügen (im Sinne von heutigentags irreleitenden Maximen) <<

[Konrad Lorenz in „Der Spiegel“ Nr. 45, 07.11.1988]

Ergänzungen in (): Koewius

den Spurengasen (CO₂ !) abgesehen – aus 21% O₂, 78% N₂ und 1% Ar zusammen, wobei dies in früheren Erdzeitaltern natürlich nicht immer so war. Wir versuchen einen lehrreichen Blick zurück indem wir der Richtigkeit der Angaben aus verschiedenen Quellen im Internet vertrauen:

- N₂ gibt es schon ab der Entstehung der Ozeane in der Atmosphäre. Seit ~ 3,4 Milliarden Jahren bildet er ihren Hauptbestandteil (Alter der Erde: ~ 4,6 Milliarden Jahre).
- O₂ wurde erstmalig wohl schon vor ~ 3,5 Milliarden Jahren durch die oxygene Photosynthese der Cyanobakterien in den Ozeanen erzeugt. Sauerstoff begann vor ~ 2,5 Milliarden Jahren in die Atmosphäre auszugasen. Vor ~ 1 Milliarde Jahren soll die O₂ –Konzentration in der Atmosphäre 3% überstiegen haben, womit allmählich der Aufbau (der für das Bestehen von Landlebewesen notwendigen) Ozonschicht begann. Dank des üppigen Pflanzenwachstums im Karbon sollen (einigen Quellen zufolge) vor ~ 300 Millionen Jahren Werte über 30% erreicht worden sein, was zu erklären vermag, warum Rieseninsekten (Riesenlibellen mit Flügelspannweiten um die 70 cm) zeitweilig existieren konnten. Nach mehreren Schwankungen danach pendelte sich der heutige Wert ein, den man nun seit ~ 25 Millionen Jahren als Konstante ansieht, wenn man kleine (absolute) Änderungen um die ‰ – Marke (= 1000 ppm-Marke) vernachlässigt.
- CO₂ ist ein „Veteran“ in der Erdatmosphäre, wobei es anfänglich alles andere als ein Spurengas war. Schon vor Bildung der Ozeane sorgte heftigster Vulkanismus an der relativ dünnen Erdkruste angeblich für Anteile um die 10% (= 100 000 ppm) in der über 100° C heißen Atmosphäre; Rest: H₂O-Dampf = 80%, Schwefelwasserstoff = bis zu 7%. Nach Bildung der Ozeane wurden große Mengen von CO₂ im Wasser gelöst, was später dazu beigetragen haben soll, dass sich sein Gehalt zeitweise unter den Wert von 280 ppm im Luftmeer senkte. Während der sich während der letzten 500 000 Jahre abwechselnden Eis- und Warmzeiten wurden niemals mehr als 300 ppm erreicht, und der in 2006 maßgeblich durch anthropogene Ursachen erreichte Wert von 380 ppm [Bild 2, siehe Teil 2 des Essays] wurde wahrscheinlich niemals während der vergangenen 1 bis 2 Millionen Jahre überschritten.

Dass die Menge des reaktionsträgen N_2 in der Atmosphäre über einen großen Teil der Erdgeschichte praktisch keine Änderung erfuhr, erscheint plausibel; das erwähnte *Konstantbleiben* des O_2 -Gehalts (während der letzten 25 Millionen Jahre) *auf dem 21%-Niveau* dagegen eher als ein *Rätsel*. Wir halten fest: O_2 , ob mineralisch gebunden, ob im Wasser gelöst oder als Gas in der Atmosphäre, stellt ein Produkt dar, das die Pflanzen durch die *Photosynthese* unter Assimilation von atmosphärischem CO_2 erzeugen bzw. in früheren Zeiten erzeugt haben. Z.B. ist der freie Sauerstoff in der Atmosphäre *nicht* etwa durch irgendwelche aktive chemisch-physikalische Prozesse in Erdrinde oder Atmosphäre entstanden. Was die Konstanz angeht, liefern die Sauerstoff produzierenden Pflanzen der Atmosphäre immer soviel an O_2 nach, wie die O_2 -atmenden Tiere einschließlich des Menschen ständig verbrauchen. Wenn das so ist, dann müsste – so meine Überlegung – unter der Annahme eines (grosso modo) konstant bleibenden Volumens der biologisch aktiven Pflanzenmasse (und der Annahme konstant bleibender Temperaturen) der O_2 -Gehalt der Atmosphäre doch wohl dann sinken (wenn auch nur in kleiner Rate*), wenn die Zahl der „Sauerstoff-Atmer“ größer wird und/oder durch die Aktivität der letzteren mehr O_2 verbraucht wird (Stichwort: Überführung von atmosphärischem O_2 in CO_2 infolge Verbrennung fossiler Energieträger).

Eine Konsequenz dieser Art liefern die Annahmen zu diesem Szenario für CO_2 *nicht*. Dazu müssen wir unbedingt folgendes im Auge behalten: Die *heutige* Pflanzenwelt dürfte auf einen CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre angewiesen sein, der mindestens um die 280 ppm, d.h. um den vorindustriellen, „natürlichen“ Wert herum liegt; der mithin „aus Pflanzensicht vernünftig“ erscheint und somit im Prinzip keine deutliche Unterschreitung zulässt. Für die Höhe dieses CO_2 -Gehalts zeichnen übrigens die heute lebenden Pflanzen selbst nicht verantwortlich. Er ist vielmehr Funktion eines Geschehens, das weit in der Vergangenheit zurückliegt, wobei der Vulkanismus als CO_2 -Quelle die Hauptrolle spielte. Stellen wir uns vor, es gäbe überhaupt kein atmosphärisches CO_2 . Dann gäbe es auch keine Pflanzen und – da die (autotrophen) Pflanzen letztlich die Ernährungsgrundlage für das (heterotrophe) Tierreich bilden – auch keine (höheren) Tiere, den Menschen eingeschlossen. Dagegen ist der Erhalt der (gegenwärtigen) Flora großenteils *nicht* auf die Existenz von Tieren angewiesen und schon gar nicht auf die so genannten höheren Tiere. Bemühen wir zu diesem Punkt nochmals unser oben geschildertes Szenario: Gäbe es eine reine Pflanzenwelt auf dieser Erde, dann lieferte sie sich das für ihren konstanten Erhalt erforderliche CO_2 vermutlich ausreichend selbst nach; dies infolge von normalen Fäulnis- und Verrottungsprozessen, d.h. ohne den CO_2 -Gehalt in der Atmosphäre groß anzutasten. Andererseits, würde der CO_2 -Gehalt sich (durch außerhalb ihrer selbst liegende Geschehnisse) wesentlich steigern, dann erwüchse den Pflanzen daraus kein Schaden; zumeist im Gegenteil!

Die Pointe zuletzt, die ich aus all diesem ableiten möchte: Angesichts der Tatsachen, dass

- (a) jegliches Leben auf diesem Planeten strukturell auf Kohlenstoffverbindungen beruht,
- (b) autotrophe Lebewesen wie die Pflanzen zur Herstellung dieser Verbindungen auf die Assimilation von CO_2 aus der Atmosphäre angewiesen sind,
- (c) der Sauerstoff in der Atmosphäre primordial der Photosynthese durch Cyanobakterien (frühere Bez. „Blaualgen“) zu verdanken ist und die letzteren schon vor weit über $3 \cdot 10^9$ Jahren auf dem (nun allerdings im Wasser gelösten) CO_2 beruhten, also zu einer Zeit, als es noch keine Pflanzen gab, und
- (d) die Existenz von Tieren *sowohl* an das Vorhandensein von freiem Sauerstoff in der Atmosphäre *als auch* an das Vorhandensein von Pflanzen geknüpft ist,

lässt sich *keine* Substanz auf Erden denken, die – abgesehen von Wasser – für das Leben insgesamt von *größerer* Bedeutung gewesen wäre bzw. heute noch ist, als CO_2 ! So gesehen sind wir gewissermaßen „Kinder des Kohlenstoffdioxids“, um einen Titel abzuwandeln, den Hoimar von Ditfurth vor 25 Jahren einem seiner wortmächtigen Bücher („Kinder des Weltalls“) gegeben hatte.

Die lange „Vorrede“ war nötig vor allem, um uns ein wenig die Besinnung auf das Phantastische zu ermöglichen, das in den materiellen Voraussetzungen zu unserer Existenz liegt. Vieles mehr wäre hierzu noch zu sagen, müssten wir jetzt nicht allmählich zum eigentlichen Thema dieses Beitrags, nämlich zu demjenigen Konkreten kommen, das dem *Hintergrund* zum komplexen Phänomen des weltweiten Klimawandels angehört. Es wundert einen fast schon nicht mehr, dass auch hier wieder CO_2 zu den ‚Hauptdarstellern‘ gehört und der globalen Umweltdiskussion Akzente setzt.

*) Nach dem Druck dieses Teilbeitrags erfuhr ich aus amerikanischer Quelle, dass dies in der Tat so ist. Entsprechende Daten sind bereits veröffentlicht worden (U.S. Rev. Geophys. Vol. 33 Suppl., © 1995)