

Klimawandel, Kohlenstoffkreislauf und CO₂-Hysterie

Das Klima

Das Klima ist, wie das Wetter, ein nichtlineares System. Nichtlineare Systeme können durch Selbstregulierung innerhalb gewisser Grenzen einige Zeit lang stabil bleiben, neigen aber beim Überschreiten dieser Grenzen zu plötzlichen Sprüngen. Das Klima kippt. Eiszeiten und nachfolgende Wärmeperioden, die Landschaften, Lebensräume und Leben vernichteten, hat es in der Erdgeschichte immer gegeben. Sie waren nicht die Folge des menschlichen Daseins oder menschlicher Aktivitäten, sondern hatten natürliche Ursachen. Dazu gehören auch plattentektonische Ursachen wie Verschiebungen der Kontinentalplatten und Gebirgsbildung in prähistorischer Zeit. Diese führten zu Veränderungen in der Wasser- und Luftzirkulation. Eine flächendeckende Eisbildung durch Vergletscherung beschleunigt die weitere Abkühlung durch die verstärkte Abstrahlung der einstrahlenden Sonnenenergie (Albedo). Eine Vegetationsbedeckung hingegen verändert die Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre und führt tendenziell zu einer Erwärmung.

Wetterextreme und Naturkatastrophen werden immer wieder mit dem Klimawandel und dem Treibhauseffekt in Zusammenhang gebracht. Es wird immer wieder gerne berichtet, dass die Zahl und Heftigkeit von Stürmen und Überschwemmungen zunehmen. Die Zunahme bezieht sich jedoch nicht auf die Häufigkeit, sondern auf die Schadenshöhe. Es sind immer mehr Menschen betroffen, weil durch die exponentielle Zunahme der Weltbevölkerung immer mehr Menschen in Risikogebieten leben bzw. leben müssen.

Klimawandel

Seit Jahrmillionen Jahren fand ohne menschlichen Einfluss ein ständiger Klimawandel zwischen Eiszeiten, tropischen Sümpfen und Trockenperioden statt.

Während der Kreidezeit vor 142 bis 65 Millionen Jahren herrschte auf der Erde ein Treibhausklima, ebenso im Eozän des Tertiärs vor rund 56 bis 34 Millionen Jahren.

Vor 10 Millionen Jahren war die Sahara ein Ozean. Nach Beginn des Holozäns vor etwa 11'000 Jahren verwandelte sich die Sahara in eine grüne Savanne. Vor 6'000 Jahren grasten in der heutigen Sahara Zebras, Giraffen und Elefanten, wie Höhlenzeichnungen zeigen, und lebten Flusspferde, wie Knochenfunde belegen. Danach wurde die Sahara zur trockenen Wüste, die sie bis heute geblieben ist.

Der Meeresspiegel schwankte in den letzten 140 Millionen Jahren um bis zu 300

Meter. In der Kreidezeit vor 135 bis 65 Millionen Jahren gab es grosse Schwankungen des Meeresspiegels innerhalb weniger tausend Jahre um mehr als 25 Meter. Vor 24 Millionen Jahren schwankte der Meeresspiegel mehrmals um bis zu 50 Meter, weil das antarktische Eisschild zyklisch wuchs und schrumpfte.

Am Ende des Miozäns vor sechs bis fünf Millionen Jahren war das Mittelmeer ganz oder teilweise ausgetrocknet. Der Hauptgrund für fallende Meeresspiegel war die Bildung grosser kontinentaler Eismassen (Antarktis, Grönland). Dadurch wurden den Meeren grosse Mengen Wasser entzogen.

Beim Schmelzen des Eises in Warmzeiten stieg der Meeresspiegel wieder. Ein steigender Meeresspiegel bewirkt durch die kleiner werdenden Kontinentalflächen auch eine zunehmend bessere Pufferung von Klimagegensätzen. Trockengebiete werden feuchter und die Temperaturgegensätze kleiner.

Das natürliche Klimasystem zeigt eine erhebliche Variabilität im Ausmass und in der Geschwindigkeit der Veränderungen. In historischer Zeit war das Klima mehrmals deutlich wärmer als heute. Zwischen 800 und 1000, der Zeit des „Mittelalterlichen Klimaoptimums“ (Mittelalterliche Warmzeit von ca. 950 bis 1450), waren die Temperaturen 1.5°C, lokal sogar bis 3°C höher als heute. Grönland (Greenland) war grün und wurde von den Wikingern besiedelt.

Ab 1200 kühlte es weltweit ab. Während der „Kleinen Eiszeit“ zwischen 1550 und 1850 lagen die Temperaturen zwei Grad unter den heutigen Werten. In den nasskalten Sommern reifte das Getreide nicht mehr aus und häufig traten nach Missernten Hungersnöte auf. Die Gletscher wuchsen.

Erst Ende des 19. Jahrhunderts begann ein neues Klimaoptimum. Es setzte eine globale Erwärmung und ein Rückgang der Gletscher ein. Der Begriff „Klimaoptimum“ weist darauf hin, dass höhere Temperaturen für Mensch, Tier und Vegetation optimale Umweltbedingungen bieten.

Es gibt klimatische Veränderungen mit Zyklen von durchschnittlich 1'500 Jahren und kurze drastische Klimaschwankungen, die innerhalb von ein bis drei Jahrzehnten ablaufen.

Kurzfristige Klimaschwankungen korrelieren mit den zyklischen Veränderungen der Erdbahnparameter Exzentrizität (Änderung des Abstands der Erde zur Sonne durch die elliptische Erdbahn), Erdschiefe (Änderung der Neigung der Erdachse zur Umlaufbahn) und Präzession (Kreiselbewegung der Erdachse). Diese drei Zyklen überlagern sich (Milancovic-Zyklen).

Dazu kommen die periodischen Aktivitätsschwankungen der Sonne. Sonnenflecken gehen mit einer Erwärmung des Erdklimas und guten Ernten einher. Die Häufigkeit der Sonnenflecken schwankt in einem rund elf Jahre dauernden Zyklus von einem Minimum, oft ohne Sonnenflecken, zu einem Maximum

der Sonnenfleckenaktivität.

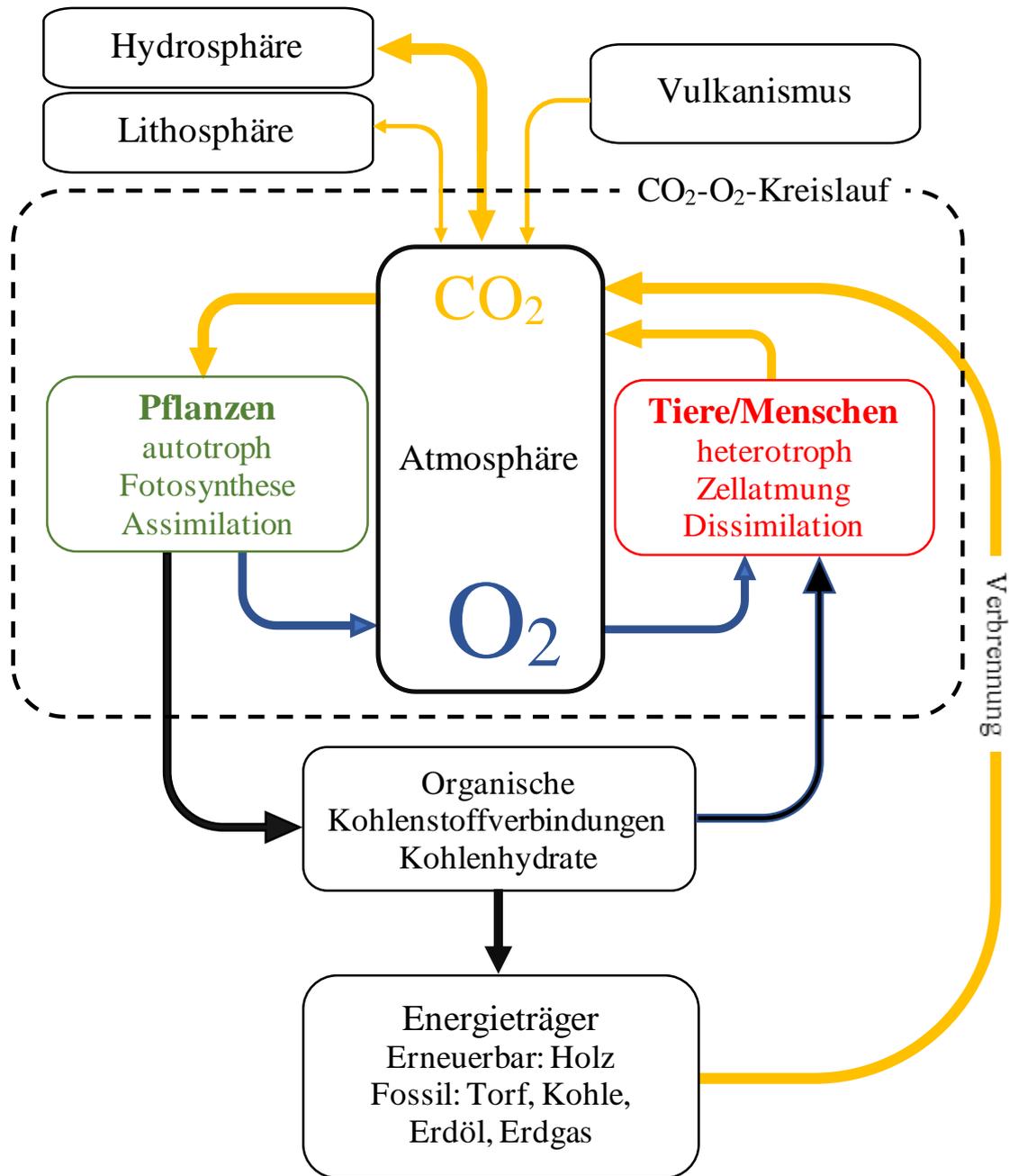
Kalt- und Warmzeiten

Eine Warmzeit ist in der Klimageschichte und auch in der Geologie neutral ein Zeitraum mit im Durchschnitt höheren Temperaturen zwischen zwei Zeitabschnitten mit durchschnittlich tieferen Temperaturen, sogenannten Kaltzeiten.

Die letzte Kaltzeit endete vor 11'000 Jahren und es begann eine neue Warmzeit. Sie wird von Geologen als Holozän bezeichnet. In dieser Zeit leben wir heute. Unsere jetzige Warmzeit, das Holozän, dauert bereits seit etwa 11'500 Jahren an. Das ist nicht selbstverständlich: Andere Warmzeiten gingen bereits nach 7'000 Jahren zu Ende, manche allerdings auch erst nach 15'000 Jahren.

Ob das Klima in eine neue Eiszeit kippt oder sich erwärmt, kann niemand wirklich vorhersehen, da wir das Zusammenspiel der Einflussfaktoren nicht überschauen. Auf jeden Fall wäre eine Abkühlung katastrophaler als eine Erwärmung des Erdklimas. Eiszeiten sind potenziell lebensfeindlich, während Warmzeiten die Entwicklung und Entfaltung des Lebens begünstigen. Die kulturellen Blütezeiten der menschlichen Zivilisation korrelieren mit Warmperioden. In der kurzen warmen Zeitspanne von drei Monaten explodiert das Leben in den Polarregionen unseres Planeten, während es in den übrigen Monaten erstarrt.

Globaler Kohlenstoff-Kreislauf



© 2021 Urs-Peter Oberlin

Kohlenstoffkreislauf

Der Kohlenstoffkreislauf spielt für das Leben auf unserem Planeten eine zentrale Rolle. Kohlenstoff ist Baustein allen Lebens auf der Erde und Hauptbestandteil fossiler Energieträger wie beispielsweise Kohle, Erdgas oder Erdöl.

Der Kohlenstoffkreislauf ist hauptsächlich ein Kohlenstoffdioxid-Kreislauf. Die beiden Protagonisten sind die autotrophen Pflanzen und die heterotrophen Menschen und Tiere.

Das ganze System ist in einem dynamischen Gleichgewicht (Fließgleichgewicht). Der Zu- und Abfluss von Stoffen und Energie innerhalb des Systems bleibt innerhalb einer bestimmten Schwankungsbreite im Gleichgewicht.

Wenn zu grosse Ungleichgewichte auftreten, beispielsweise die rechte Seite der Darstellung überwiegt, kann das ganze System zusammenbrechen.

Atmosphäre

Kohlendioxid CO₂

Kohlenstoffdioxid ist ein farb- und geruchloses Gas. Es ist ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre mit einem Volumenanteil von rund 0.04%. Hauptbestandteile der Erdatmosphäre sind Stickstoff N₂ (78.1%), gefolgt von Sauerstoff O₂ (20.9%).

Der CO₂-Anteil der Erdatmosphäre schwankte im Verlauf der Erdgeschichte stark. Im Erdzeitalter des Karbons vor 360 bis 80 Millionen Jahren lag der CO₂-Anteil bei etwa 0.6% – das 15-fache der heutigen CO₂-Konzentration von 0.04%.

Das CO₂ in der Atmosphäre schafft die lebensfreundlichen Temperaturen auf der Erde. Ohne CO₂ wäre es durchschnittlich -18°C kalt, mit CO₂ sind es freundliche +15°C. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt hätte sich das Leben auf der Erde wohl kaum in der heutigen Form entwickeln können.

CO₂ ist schwerer als Luft. Deshalb breitet sich das Gas vor allem in Bodennähe in höherer Konzentration aus. Dort wird es von den Pflanzen als natürlicher Dünger aufgenommen. Es fördert als kostenloser und natürlicher Nährstoff das Pflanzenwachstum.

Ohne CO₂, in Verbindung mit der Sonnenenergie als Energielieferant, gäbe es keine Produktion von Biomasse durch Fotosynthese und damit auch keine Lebensgrundlage für Menschen und Tiere.

Höhere CO₂-Werte haben massiv gesteigerte Ernteerträge zur Folge – um über 60% beispielsweise beim Weizen. Diese Erträge werden für die Ernährung einer rasant anwachsenden Erdbevölkerung dringend gebraucht.

CO₂ entsteht bei der Atmung heterotropher Lebewesen (Menschen und Tiere) und bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Substanzen (z.B. Holz, Torf).

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) werden große Mengen an CO₂ freigesetzt, von denen man heute annimmt, dass sie hauptverantwortlich für den Prozess der Klimaerwärmung sind.

CO₂-Senken

Flächendeckende Waldgebiete sind CO₂-Senken. Sie entnehmen grosse Mengen CO₂ aus der Atmosphäre für die Fotosynthese und geben das 'Abfallprodukt' Sauerstoff O₂ an die Atmosphäre zurück.

Die letzten grossen Waldgebiete, beispielsweise im Amazonasbecken und anderen Teilen der Erde, werden aus Profitgier rücksichtslos abgeholzt. Auf Grund des hohen Bevölkerungsdrucks und damit des steigenden Bedarfs an landwirtschaftlichen Anbauflächen fallen riesige Waldflächen der Brandrodung zum Opfer, was wiederum enorme Mengen CO₂ freisetzt. Allein durch die Vernichtung der tropischen Wälder gelangen pro Jahr 1.5 Milliarden Tonnen CO₂ in die Atmosphäre – ein Fünftel der weltweiten CO₂-Emissionen.

Die Weltmeere sind riesige CO₂-Senken. Sie binden etwa 30% des anthropogenen CO₂. Dadurch steigen die CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre langsamer und die globale Erwärmung wird abgeschwächt. Die Aufnahmekapazität des Meerwassers ist jedoch beschränkt. Je wärmer das Meerwasser als Folge der Klimaerwärmung wird, desto weniger CO₂ kann es binden – und beschleunigt dadurch zusätzlich die weitere Klimaerwärmung. Ein fataler Rückkopplungsprozess.

Sauerstoff O₂

Sauerstoff ist für alle aeroben Organismen lebensnotwendig.

Sauerstoff ist mit einem Volumenanteil von 20.94% das zweithäufigste Gas in unserer Atmosphäre. Das war nicht immer so. Vor etwa dreieinhalb Milliarden Jahren war die Erde aus heutiger Sicht alles andere als lebensfreundlich. Die Atmosphäre der Urzeit bestand aus Ammoniak-, Kohlenstoffdioxid-, Stickstoff-, Methan- und Schwefelgasen.

Vor etwa 2.5 Milliarden Jahren beginnt ein wichtiges Kapitel der Erdgeschichte: Die chemische Umwandlung der sauerstofflosen Gashülle in die heutige Atmosphäre, die uns die Luft zum Atmen schenkt.

Cyanobakterien, winzige Einzeller, waren als erste Organismen in der Lage, aus energiearmen, anorganischen Stoffen (CO₂ + H₂O) mit Hilfe der Sonnenenergie (Sonnenlicht) komplexe organische Stoffe (Kohlenhydrate) zu synthetisieren (Fotosynthese). Als Abfallprodukt entstand Sauerstoff (O₂), der in die Atmosphäre abgegeben wurde.

Aus den Einzellern entwickelten sich die Algen. Die höheren Pflanzen entwickelten sich erst vor etwa 500 Millionen Jahren aus einer Grünalgen-Linie und begannen nach und nach das Land zu erobern.

Bis sich der Sauerstoff in der Erdatmosphäre etablieren konnte, dauerte es jedoch noch einige Zeit. Erst vor ca. 350 Millionen Jahren wurde die heutige Konzentration von knapp 21% Sauerstoff in der Atmosphäre erreicht.

Der grosse Sauerstofflieferant auf unserer Erde ist das Meer mit seinem pflanzlichen Plankton. Schätzungen zufolge produziert das Phytoplankton mit seiner Photosynthese bis zu 80% des Sauerstoffs in unserer Atmosphäre.

Vulkanismus

CO₂ gelangt auch durch vulkanische Aktivitäten in die Atmosphäre. Vor Beginn der Industrialisierung zählten Vulkane zu den größten Produzenten von Kohlendioxid. Heute summieren sich die von Vulkanen ausgestoßenen Treibhausgase aber nur auf etwa ein Zehntel Prozent der vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen.

Vulkanausbrüche können auch 'vulkanische Winter' zur Folge haben: Ein zweiwöchiger Ausbruch des Vulkans Toba in Sumatra vor rund 73'000 Jahren läutete den Beginn der letzten Eiszeit ein. Vulkanstaubemissionen (Vulkanasche) blockierten die Sonneneinstrahlung und damit die Erwärmung der Erde.

Als der Vulkan Tambora in Indonesien am 10. April 1815 ausbrach, folgte eine markante weltweite Abkühlung durch die gigantischen Vulkanstaubemissionen, die das Sonnenlicht blockierten. Das auf den Ausbruch folgende Jahr war ein „Jahr ohne Sommer“. In Nordamerika und Europa wurden die niedrigsten je gemessenen Sommertemperaturen registriert: 5.5°C unter dem Durchschnitt. Weltweit betrug die Abkühlung 1.1°C. Es gab eine weltweite Lebensmittelkrise mit Hunderttausenden von Hungertoten allein in Europa.

Der Ausbruch des Krakataus in Indonesien 1883 liess die Durchschnittstemperaturen, vor allem auf der Nordhalbkugel, um bis zu 0.8°C sinken. Wiederum ein „Jahr ohne Sommer“ mit katastrophalen Missernten und Hungersnöten.

Es schlummern heute weitere Supervulkane, die ähnliche globale Effekte auslösen könnten. Ein Beispiel ist die aktive Caldera (Einbruchskessel) im Yellowstone-Nationalpark in den USA.

Ein einziger gewaltiger Vulkanausbruch könnte auf einen Schlag die minimale globale Erwärmung stoppen und uns in eine neue Eiszeit zurückbefördern.

Hydrosphäre

Die Hydrosphäre setzt sich zusammen aus den Meeren, den Binnengewässern, dem Grundwasser, dem im Eis gebundenen und in der Atmosphäre vorhandenen Wasser.

Die Erde ist vom Weltall aus betrachtet ein blauer Planet, denn etwa 71 Prozent der Erdoberfläche (ca. 361 Mio. km²) sind mit Wasser bedeckt. Der grösste Teil befindet sich in Form von Salzwasser in den Weltmeeren.

Die Ozeane sind ein wichtiger CO₂-Puffer, denn ihr Wasser nimmt einen erheblichen Anteil CO₂ aus der Atmosphäre auf. Das gebundene CO₂ kann, bedingt durch physikalische oder chemische Umweltveränderungen, durch Ausgasung wieder zurück in die Atmosphäre gelangen. Zwischen der Hydrosphäre (Meeres-tiefe < 75m) und der Atmosphäre laufen in beiden Richtungen CO₂-Diffusionsvorgänge ab.

In Afrika sind in Kraterseen grosse Mengen CO₂ gelöst. Sie können jederzeit bei einem geringfügigen Anlass, wie einem Wetterumschwung (Temperatur- und Luftdruckschwankungen) ausgasen – mit verheerenden Folgen für Menschen und Tiere in der näheren und weiteren Umgebung. Der Nyos-See in Kamerun setzte 1986 rund 1,6 Millionen Tonnen CO₂ frei. Die Folgen: 1700 tote Menschen und tausende verendete Tiere. Der Manoun-See, ebenfalls in Kamerun, und der Kiwu-See in Zentralafrika, zwischen Ruanda und Kongo gelegen, sind weitere CO₂-gesättigte Kraterseen, die jederzeit ausgasen können. Im Kiwu-See sind schätzungsweise 250 Milliarden Kubikmeter CO₂ und bis zu 55 Milliarden Kubikmeter Methan gelöst. Akut gefährdet, mit tödlichen Folgen, sind bei einem Gasausbruch rund 2 Millionen Menschen, die an den Ufern des Kiwu-Sees leben.

Lithosphäre

Über 99% des globalen Kohlenstoffs (rund 1.85 Milliarden Gigatonnen) befinden sich in der Lithosphäre, der festen Gesteinshülle der Erde.

Der grösste Teil ist in anorganischer Form in den Sedimentgesteinen (Carbonatgesteine wie Kalk (CaCO₃) und Dolomit (CaMg(CO₃)₂) langfristig gebunden – oft über viele Millionen Jahre. Die Flussraten sind gering.

In der Lithosphäre befinden sich auch die Lagerstätten fossiler organischer Energieträger, wie Torf, Kohle, Erdgas und Erdöl. Durch die Verbrennung entsteht CO₂, das in die Atmosphäre gelangt.

Der Kohlendioxid-Sauerstoff-Kreislauf

Pflanzen – Fotosynthese

Pflanzen, Algen und bestimmte Bakterien sind autotrophe Lebewesen. Sie sind in der Lage, energiearme, anorganische Stoffe, wie Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) unter Energiezufuhr (Sonnenlicht) in energiereiche, organische Kohlenhydrat-Verbindungen wie beispielsweise Glucose (C₆H₁₂O₆) umzuwandeln. Bei diesem Umwandlungsprozess (Assimilation) spielt das Blattgrün (Chlorophyll) in den Chloroplasten der Pflanzenzellen eine wichtige Rolle als Katalysator.



Die Kohlenhydrate bilden die Nahrungsgrundlage von Mensch und Tier. Letztlich basiert die gesamte Ernährung von Menschen und Tieren auf Stoffwechselprodukten (Kohlenhydraten) von Pflanzen.

Kohlenhydrate sind organische Verbindungen, die sich aus den Elementen Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammensetzen. Als Produkt der Photosynthese machen Kohlenhydrate etwa zwei Drittel der weltweiten Biomasse aus.

Vertreter der Kohlenhydrate sind die Monosaccharide, z.B. Glucose (Traubenzucker), die Disaccharide, z.B. Saccharose (Rohrzucker) und die Polysaccharide, z.B. Stärke und Cellulose (Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwände). Durch die Verholzung der Pflanzenzellen entsteht Lignin (Holz).

Als Abfallprodukt der Fotosynthese entweicht CO₂ in die Atmosphäre und dient Menschen und Tieren als lebensnotwendige Atemluft für die Zellatmung.

Tiere und Menschen – Zellatmung

Menschen und Tiere sind heterotrophe Lebewesen. Sie sind für ihre Ernährung und Energiegewinnung auf energiereiche, organische Stoffe angewiesen, die von anderen Lebewesen (Pflanzen und Tieren) aufgebaut wurden.

Die Zellatmung ist das Gegenstück zur Fotosynthese und beschreibt die Stoffwechselfvorgänge, die in Menschen und Tieren zur Energiegewinnung ablaufen (Dissimilation).



Die Zellatmung findet in den Mitochondrien der Körperzellen statt. Energiereiche Moleküle, beispielsweise Glucose, werden mit Hilfe von Sauerstoff oxidiert (kalte, chemische 'Verbrennung'). Dabei entsteht Energie in Form von Adenosintri-

phosphat (ATP). ATP ist der universelle Treibstoff für all unsere Aktivitäten. Ohne ATP könnten wir nicht laufen, nicht denken und nicht atmen, wir wären schlichtweg nicht lebensfähig. Damit uns der Treibstoff nicht ausgeht, produzieren die Zellen ständig neues ATP.

Der für den 'Verbrennungsprozess' benötigte Sauerstoff gelangt durch unsere Atmung (äussere Atmung) via Lungen und Blutkreislauf zu den Zellen (Zellatmung). Als Abfallprodukte der Zellatmung entstehen Kohlendioxid und Wasser, die an die Atmosphäre abgegeben werden.

Die Fotosynthese der Pflanzen und Zellatmung der Tiere und Menschen sind das Produkt einer langen gemeinsamen Evolution und perfekt aufeinander abgestimmt. Tragen wir Sorge zu diesem dynamischen Gleichgewicht zwischen Pflanzen- und Tierreich, zu dem auch der Mensch gehört – in unserem eigenen Interesse.

Dieses Gleichgewicht ist heute durch das exponentielle Wachstum der Weltbevölkerung und den steigenden Energiebedarf für die industrielle Produktion, Landwirtschaft, technische und soziale Infrastruktur, Transport, Verkehr, Mobilität und steigende Komfortbedürfnisse massiv in Schieflage geraten.

Fossile Energieträger

Das Rückgrat der Energieversorgung sind heute die fossilen Energieträger Kohle, Erdgas und Erdöl. Diese Energieträger sind endlich. Sie wachsen nicht nach. Sie reichen bei gleichbleibendem Verbrauch schätzungsweise noch etwa 100 Jahre. Und sie produzieren jede Menge CO₂.

Kohle entstand im Erdzeitalter des Carbons (lat. *carbo* = Kohle) vor 360 Millionen bis 300 Millionen Jahren. Wälder mit riesigen Schuppenbäumen, Farnen und Schachtelhalmen breiteten sich auf den Landmassen aus. Sie produzierten grosse Mengen an Biomasse. Nach dem Absterben versanken die Pflanzen im Wasser der Sümpfe und wurden von Sedimenten zugedeckt. Unter Luftabschluss, hohem Druck und Temperaturen begann der Prozess der Inkohlung, der Umwandlung von Biomasse in Kohle. Im Verlauf der Inkohlung entstand zunächst Torf, dann Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit und schliesslich Grafit. Je länger die Inkohlungsdauer, desto höher der Kohlenstoff- und damit der Energiegehalt des Gesteins. Kohle ist letztendlich Millionen Jahre alte Sonnenenergie.

Das Ausgangsmaterial für Erdöl und Erdgas war das Plankton und andere Kleinstlebewesen, die vor Jahrmillionen im Meer schwebten. Die Überreste dieser winzigen Meeresbewohner sanken auf den Grund und wurden luftdicht unter Sedimentschichten, wie Sand und Ton begraben. Die Überreste zersetzten sich und wurden zu Faulschlamm. Darüber lagerten sich weitere Sedimente ab, deren Gewicht auf den Faulschlamm drückte. Unter diesem Druck stieg die Temperatur

und der Faulschlamm veränderte sich chemisch zu einem Gemisch aus gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoffen. Kohlenwasserstoffe sind die einfachsten organischen Verbindungen, die sich aus Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen zusammensetzen. Der einfachste Vertreter ist Methan CH_4 , der Hauptbestandteil des Erdgases.

Kohlenstoffdioxid CO_2

Kohlenstoff, der in Form von Torf, Kohle, Erdöl und Erdgas dem Kohlenstoffkreislauf entzogen wurde, wird durch die Verbrennung wieder freigesetzt und gelangt als CO_2 in die Atmosphäre. Ein Teil des CO_2 wird von den Weltmeeren absorbiert (Pufferfunktion). Pflanzen verbrauchen CO_2 für die Synthese organischer Kohlenhydrat-Verbindungen (Fotosynthese). Der Rest verbleibt als Gas in der Atmosphäre.

Treibhausgase

CO_2 gilt als Hauptverantwortlicher für die Klimaerwärmung. Neben CO_2 gibt es aber noch weitere, weit wirksamere Treibhausgase, wie Wasserdampf (H_2O), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O).

Die landwirtschaftliche Bearbeitung des Bodens, Stickstoffdüngemittel und die Tierhaltung sind massgebliche Emissionsquellen für die Treibhausgase Lachgas und Methan. Methan entsteht als 'Abgas' im Verdauungsprozess von Wiederkäuern. Ein Grossteil stammt aus der weltweiten Massentierhaltung von Rindern für die menschliche Ernährung. Lachgas entsteht durch den mikrobiellen Abbau von Stickstoffverbindungen (Düngern).

Das stärkste Treibhausgas ist der scheinbar so harmlose Wasserdampf. Rund zwei Drittel des gesamten Treibhauseffekts der Erdatmosphäre gehen auf das Konto von Wasserdampf.

Treibhauseffekt

Treibhausgase halten einen grossen Teil der Wärmestrahlung, die von der Erde abgegeben wird, zurück. Dieser natürliche Treibhauseffekt sorgt für lebensfreundliche Temperaturen auf der Erde. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre es auf unserer Erde bitterkalt (ungefähr minus 18°C) und das Leben, wie wir es heute kennen, hätte sich nicht entwickeln können.

CO_2 – Sündenbock und Goldesel

CO_2 ist nicht alleinverantwortlich für die Klimaerwärmung – ist aber der perfekte Sündenbock und Goldesel. Die Klimaziele sollen primär mit fiskalischen, politischen und technischen Massnahmen erreicht werden:

CO₂-Steuern

CO₂-Steuern sind eine munter sprudelnde Einnahmequelle für die Staatskasse. Sie können unter dem Vorwand des Klimaschutzes willkürlich erhöht für beliebige Zwecke verwendet werden.

CO₂-Steuern schaffen ein gutes Gewissen: Ich habe für meine Abgase bezahlt und kann deshalb ohne schlechtes Gewissen CO₂ und andere Abgase produzieren.

CO₂-Zertifikate

CO₂-Zertifikate sind Lizenzen für die Produktion von CO₂.

Mit dem Kauf von CO₂-Zertifikaten sollen in Entwicklungsländern umweltfreundliche Projekte finanziert werden, die einen Teil des CO₂-Ausstosses kompensieren, den wir in den Industrieländern produzieren. Es ist eine moderne Form des mittelalterlichen Ablasshandels: Sündenerlass gegen Geld.

CO₂-Zertifikate sind eine Goldgrube für Hilfswerke und hochverschuldete, wirtschaftlich darniederliegende Staaten, nützen aber der Umwelt kaum etwas, denn global wird kein CO₂ eingespart.

Klimaschutz

Klimaschutz ist der fragwürdige Versuch, das 'Klima' mit Gesetzen, Verordnungen und Strafen zu schützen.

Mit Klimaschutzgesetzen wird versucht, die Vereinbarungen aus dem Kyoto-Protokoll, dem Pariser Klimavertrag und anderen internationalen Übereinkommen zu erfüllen. Das politische Ziel ist die Begrenzung der Erderwärmung (Landmassen und Weltmeere) auf maximal +2°C gegenüber dem vorindustriellen Wert.

Im Brennpunkt der Klimaschützer stehen die CO₂-Emissionen, die auf die Nutzung fossiler Energieträger (Brenn- und Treibstoffe) zurückzuführen sind. Nicht berücksichtigt werden die Nicht-CO₂-Emissionen (Methan, Lachgas, FCKW u.a.), deren Beitrag an der globalen Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts auf 0.15°C geschätzt wird.

Klimaneutralität

Null-CO₂-Emissionen

Null-CO₂-Emissionen sind unrealistisch und weltfremd, denn heterotrophes Leben ohne CO₂-Ausstoss ist nicht möglich. Heterotrophe Lebewesen wie Menschen und Tiere (Wild-, Nutz- und Haustiere) produzieren unentwegt CO₂ – sie atmen.

Netto-Null-Emissionen

Die Forderung nach Netto-Null-Emissionen verlangt, dass alle anthropogenen Treibhausgas-Emissionen durch geeignete Massnahmen wieder aus der Atmosphäre entfernt werden müssen.

CO₂-Speicherung

Bei der CO₂-Speicherung geht es darum, bereits vorhandenes CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen und möglichst langfristig und sicher zu lagern.

Den wichtigsten Beitrag leisten die natürlichen CO₂-Senken – flächendeckende Waldgebiete und die Weltmeere. Beide sind durch menschliche Aktivitäten wie Abholzung, Brandrodung und Meeresverschmutzung akut bedroht.

Eine technische Lösung ist das Carbon Capture and Storage (CCS): Das CO₂ wird aus Abgasen oder der Luft abgetrennt und anschliessend in ausgediente Gas- oder Erdöllagerstätten oder andere unterirdische Hohlräume gepumpt. Die Sicherheit des Einschlusses ist nicht unbedingt gewährleistet.

Ein anderer Weg ist die Mineralisierung: Gasförmiges CO₂ aus der Luft wird in Wasser gelöst und in poröses Basaltgestein gepumpt. Das CO₂ reagiert mit dem Basalt und wird in relativ kurzer Zeit zu festem Carbonatgestein. Das CO₂ ist sicher in der Lithosphäre gespeichert. Ein natürlicher Prozess, der durch den Einsatz technischer Mittel beschleunigt werden kann. Ein Pilotversuch auf Island war erfolgreich, weil dort alle Voraussetzungen für die Mineralisierung von CO₂ gegeben sind: Grosse Basaltvorkommen (Vulkane), unbegrenzte Mengen Wasser (Meerwasser) und Energie (Geothermie). Das Modell lässt sich daher nur begrenzt auf andere Länder übertragen.

Energiewende

Die Energiewende, die sofortige, radikale Abkehr von allen fossilen Energieträgern und der CO₂-freien Kernkraft ist eine politische, wirtschaftliche und fiskalische Entscheidung. Dem Bürger wird eine neue, heile, CO₂-freie Welt vorgegaukelt. Alle fossilen Energieträger wie Erdöl, Erdgas und Kohle sollen hoch besteuert oder verboten und durch erneuerbare Energien, wie Windenergie (Windparks), Solarenergie (Solarzellen), Wasserkraft (Staumauern) und Erdwärme (Geothermie) ersetzt werden.

Fossile Brennstoffe und Kernbrennstoffe sind endliche Energieträger. Ihr Vorkommen ist begrenzt und nimmt bei steigendem Verbrauch kontinuierlich ab. Fossile Brennstoffe sind nicht regenerativ bzw. regenerieren sich erst über einen Zeitraum von Millionen von Jahren.

Erneuerbare, regenerative Energiequellen stehen, in menschlichen Zeiträumen gemessen, praktisch unerschöpflich zur Verfügung – oder erneuern sich verhältnismässig schnell. Erneuerbare Energiequellen sind, neben der effizienteren Nutzung der

Energie, die wichtigste Säule einer nachhaltigen Energiepolitik. Dazu zählen die Bioenergie (Biomasse), Wind- und Wasserkraft (inkl. Wellen- und Gezeitenkraftwerke), Sonnenenergie und Geothermie.

Wind und Sonnenenergie sind nur sehr unregelmäßig verfügbar. Die Sonne scheint und der Wind bläst nicht immer und überall gleich stark. Windparks liefern bei Flaute, Solarzellen bei Nacht gar keinen Strom. Die Stromversorgung kann daher nur durch grosse, umweltbelastende Stromspeicher (schlechte Ökobilanz bei der Herstellung und Entsorgung) kontinuierlich gewährleistet werden.

Wasserkraft ist eine erneuerbare, aber nur begrenzt ausbaubare Energieform. Sie bedingt durch den Bau von Staudämmen grosse Eingriffe in die Landschaft und das Ökosystem. Die Massnahmen betreffen Menschen, Tier- und Pflanzenwelt.

Kernkraft ist zwar CO₂-frei, aber verpönt. Zu gross ist die Angst der Bevölkerung vor Störfällen (Tschernobyl- bzw. Fukushima-Effekt).

Die erneuerbaren Energiequellen allein werden kaum ausreichen, um den Energiebedarf einer rasch wachsenden Weltbevölkerung mit steigendem Lebensstandard zu decken. Zusätzlicher Strombedarf entsteht durch die Elektromobilität.

Elektromobilität

Die Elektromobilität ist ein Kind der Energiewende. Elektrofahrzeuge fahren emissionsfrei – sie produzieren weder CO₂ noch andere Abgase. Sie brauchen ‘nur’ leistungsfähige Batterien (Lithium-Ionen-Akkus), ausreichend Strom und Ladestationen.

Die Batterie

Lithium und Kobalt sind das Rückgrat der Elektromobilität. Der Bedarf an Lithium steigt rasant, denn grosse Industrienationen wie die USA, China und auch europäische Länder wollen ihren Verkehr zunehmend auf Elektromobilität umstellen, um die Verschmutzung der Städte aufzuhalten und das Klima zu schützen. Bereits für die Elektrifizierung der weltweiten Automobilflotte wird das vorhandene Lithium kaum ausreichen. Dazu kommt weiterer Lithiumbedarf für die stationären Energiespeicher für die Umsetzung der Energiewende.

Lithium und Kobalt

Der Abbau von Lithium und Kobalt ist ökologisch äusserst bedenklich (Zerstörung ganzer Ökosysteme) und humanitär eine Katastrophe (Zerstörung der Lebensgrundlagen der ansässigen Bevölkerung).

Wen kümmert's? Hauptsache wir fahren elektrisch!

Ein Recycling der alten Batterien und die Wiedergewinnung des Lithiums ist technisch möglich, aber wegen der grossen Reserven und des relativ kostengünstigen Abbaus nicht lukrativ. Derzeit werden nur etwa 1% des verwendeten Lithiums recycelt.

Die Profiteure

Vom Hype um die Elektromobilität profitiert vor allem die Autoindustrie: Anstatt sparsamere Verbrennungsmotoren zu entwickeln, setzen die Autobauer lieber auf die Elektromobilität. Aus gutem Grund: Der Antrieb eines Elektroautos benötigt weniger Einzelteile. Das spart Material- und Montagekosten. Der Zusammenbau ist weitgehend automatisiert. Arbeiter werden durch Roboter ersetzt. Roboter arbeiten 24 Stunden am Tag und stellen keine Lohnforderungen. Das spart Personalkosten – und schafft Arbeitslose. Zusätzlich können die Autobauer ihr beschädigtes Image (Abgas-Skandale) aufpolieren und sich als Retter der Umwelt profilieren. Woher der nachhaltige Strom für ihre E-Fahrzeuge kommen soll, interessiert die Autobauer wenig.

Der Trend zur Übermotorisierung setzt sich auch bei den Elektromobilen fort. Grosse, leistungsstarke Fahrzeuge (SUVs) sind gefragt. Die übermotorisierten Luxusautos werden auch gerne im Stadt- und Agglomerationsverkehr eingesetzt. Sie befriedigen nicht nur das Bedürfnis nach Mobilität, sondern vor allem das menschliche Bedürfnis nach Anerkennung und Bewunderung. Es sind eher Statussymbole als Fortbewegungsmittel. Von diesem Trend profitieren wiederum die Autobauer, denn SUVs lassen sich wesentlich teurer verkaufen als normale Elektrofahrzeuge.

Schwachstellen der Elektromobilität

Die Schwachstelle der Elektromobilität ist der Akku. Er liefert nicht nur die Energie für den Antrieb, sondern für sämtliche Stromverbraucher. Alles hängt am Akku. Es gibt keine Lichtmaschine, die den Akku wieder auflädt. Zudem lässt die Leistung der Akkus bei kalten Umgebungstemperaturen (Winter) nach.

Geringe Reichweite

Die Reichweite kann durch leistungsstärkere Akkus erhöht werden. Leistungsstärkere Akkus sind grösser, schwerer und benötigen mehr Lithium. Im Winter muss die Batterie auch die Heizung des Innenraums übernehmen, da die 'Abwärme' des Verbrennungsmotors entfällt. Dadurch reduziert sich der Aktionsradius weiter.

Fehlende Lademöglichkeiten

Es gibt kein flächendeckendes Netz von Ladestationen. Nicht jeder E-Auto-Besitzer kann sich eine eigene Ladestation zuhause einrichten. Ladestationen im öffentlichen Raum, weit entfernt vom Wohnsitz, sind mehr oder weniger nutzlos.

Lange Ladezeiten – im Vergleich zum konventionellen Tanken.

Tiefentladung des Akkus

Die starke Beanspruchung des Akkus durch zusätzliche Stromverbraucher (Heizung [Fahrgastraum, Scheiben, Rückspiegel], Scheibenwisch- und Waschanlage, Radio, Navi, Kühlbox usw.) kann zu einer Tiefentladung führen. Eine Tiefentladung führt zu irreversiblen Batterieschäden – vom Kapazitätsverlust bis hin zum Kurzschluss mit akuter Brand- und Explosionsgefahr.

Einsatzmöglichkeiten

Sinnvoller Einsatz der Elektromobilität statt radikaler Umbau:

Fernverkehr

Güter auf die Bahn! Die Verlagerung des Güter-Fernverkehrs von der Strasse auf die (leider noch nicht vollständig elektrifizierte) Bahn vermeidet Lastwagenlawinen und Staus auf den Autobahnen und Landstrassen – und spart CO₂.

Güter können Tag und Nacht transportiert werden. Das Schienennetz kann optimal ausgelastet werden. Die Bahn wird konkurrenzfähig, attraktiv und profitabel.

Voraussetzung für den Erfolg ist der Ausbau und die Instandhaltung des Schienennetzes und die vollständige, lückenlose Elektrifizierung.

Nahverkehr

- Feinverteilung der Güter in den Städten und der näheren Agglomeration mit Elektrolieferwagen bzw. Elektro-Sattelzugmaschinen mit unterschiedlichen Aufliegern: Eine E-Sattelzugmaschine (Antriebsmodul) bedient zahlreiche Auflieger-Container für feste, flüssige und gasförmige Güter für die unterschiedlichsten Zwecke und Bedürfnisse: Ver- und Entsorgung, Post- und Paketdienste, Warenlieferungen, Umzüge usw. Die Container können unabhängig vom Antriebsmodul be- und entladen werden. Sie werden anschliessend von einem Antriebmodul abgeholt und an den Bestimmungsort gebracht.
- Fahrradkuriere für Klein- und Expresstransporte – gerne auch ohne Elektromotor.
- Personentransporte mit E-Taxis.
- Elektrifizierung der kommunalen Fahrzeuge (Kehrichtabfuhr, Strassenreinigung und -unterhalt, Stadtgärtnerei usw.)

Voraussetzung für die Elektromobilität im Nahverkehr sind kurze Distanzen und ein dichtes Netz von (Schnell-) Ladestationen, die das Laden über Nacht oder in den Pausen ermöglichen.

Klima-Hysterie

Klimaschutz ist ein gigantisches Selbstbeschäftigungsprogramm für Klimaforscher, Beamte, Politiker, Journalisten und ein Milliardenbusiness für die Wirtschaft. Das Paradigma des von Menschen gemachten Klimawandels ist nicht nur mächtig geworden, sondern stettet auch mit viel Macht aus, mit Wählerstimmen, Forschungsgeldern, öffentlicher Aufmerksamkeit, akademischem Ruf, viel Geld, Positionen und Ämtern.

Sprachrohr ist der IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Der IPCC ist keine wissenschaftliche Organisation, sondern eine politische und wirtschaftliche Allianz. Sie wurde gegründet, um mit Hilfe von Wissenschaftlern zu beweisen, dass der Klimawandel ausschliesslich die Folge der menschlichen Existenz und Aktivitäten ist. Der Tenor des Weltklimaberichts: Alles wird immer noch schlimmer. Im Fahrwasser des IPCC schwimmen Institutionen auf nationaler Ebene – staatliche und Nicht-Regierungs-Organisationen (NGOs). Sie sind alle beseelt, die Welt retten zu müssen. Unter den Klimaschützern ist die Betroffenheit so gross, dass man ungeniert Katastrophen herbeiredet, um die Weltöffentlichkeit wach zu rütteln. Differenzierte Analysen finden daher nur wenig Gehör.

Zuerst werden die Menschen mit unbewiesenen oder übertriebenen Behauptungen in Angst und Schrecken versetzt und durch immer weitere Schreckensmeldungen in diesem Zustand festgehalten. Das ist die Angstgesellschaft. Davon profitiert die Angstindustrie. Die Menschen rufen nach Schutz und Sicherheit. Da kommt ihnen die Staatsmacht zu Hilfe, unterstützt von Umweltschutz-, Klimaschutz- und Naturschutzaktivisten und anderen Untergangspropheten. Es werden daraufhin eine Menge nicht zu Ende gedachte, sinnlose und sogar kontraproduktive Verbote und Gesetze mit entsprechenden Sanktionen erlassen. Das ist der Schritt von der Angst- über die Verbotsgesellschaft zur Öko-Diktatur.

Eine wichtige Rolle spielen die Medienschaffenden. Es gibt hervorragende Journalisten. Viele Journalisten bewegen sich aber zwischen Unfähigkeit, Unwissenheit, Bequemlichkeit und Abhängigkeiten. Sie profilieren sich mit Schreckens- und Schadensmeldungen, die sie von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft ungeprüft übernehmen – das ist zumindest verantwortungslos.

Das Anthropozän – das Zeitalter des Menschen

Bevölkerungsentwicklung

Vor ungefähr 12.000 Jahren (10'000 v. Chr.) begann die neolithische Revolution. Es war der Übergang vom umherstreifenden Jäger- und Sammlerdasein zum sesshaften Bauern (Landwirtschaft: Pflanzenanbau und Viehhaltung). Die

Weltbevölkerung lag bei rund 4 Millionen Menschen.

Über einen Zeitraum von 10'000 Jahren wuchs die Weltbevölkerung nur langsam. Im Jahr 1 lebten rund 190 Millionen Menschen auf der Erde. Im Jahr 1700 waren es bereits 600 Millionen – trotz einer Pestepidemie in Europa mit 200 Millionen Toten. Die durchschnittliche Wachstumsrate seit 10'000 v.Chr. lag bei 0.04% pro Jahr.

In der Mitte des 18. Jahrhunderts begann die 'industrielle Revolution', zunächst in England, dann in ganz Westeuropa und den USA und seit dem späten 19. Jahrhundert auch in Japan und weiteren Teilen Europas und Asiens. Es war der Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft mit einer tiefgreifenden und dauerhaften Umgestaltung der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse, der Arbeitsbedingungen und der Lebensumstände. Als Folge wuchs die Weltbevölkerung exponentiell – von 990 Millionen im Jahr 1800 auf 7.8 Milliarden Menschen im Jahr 2020.

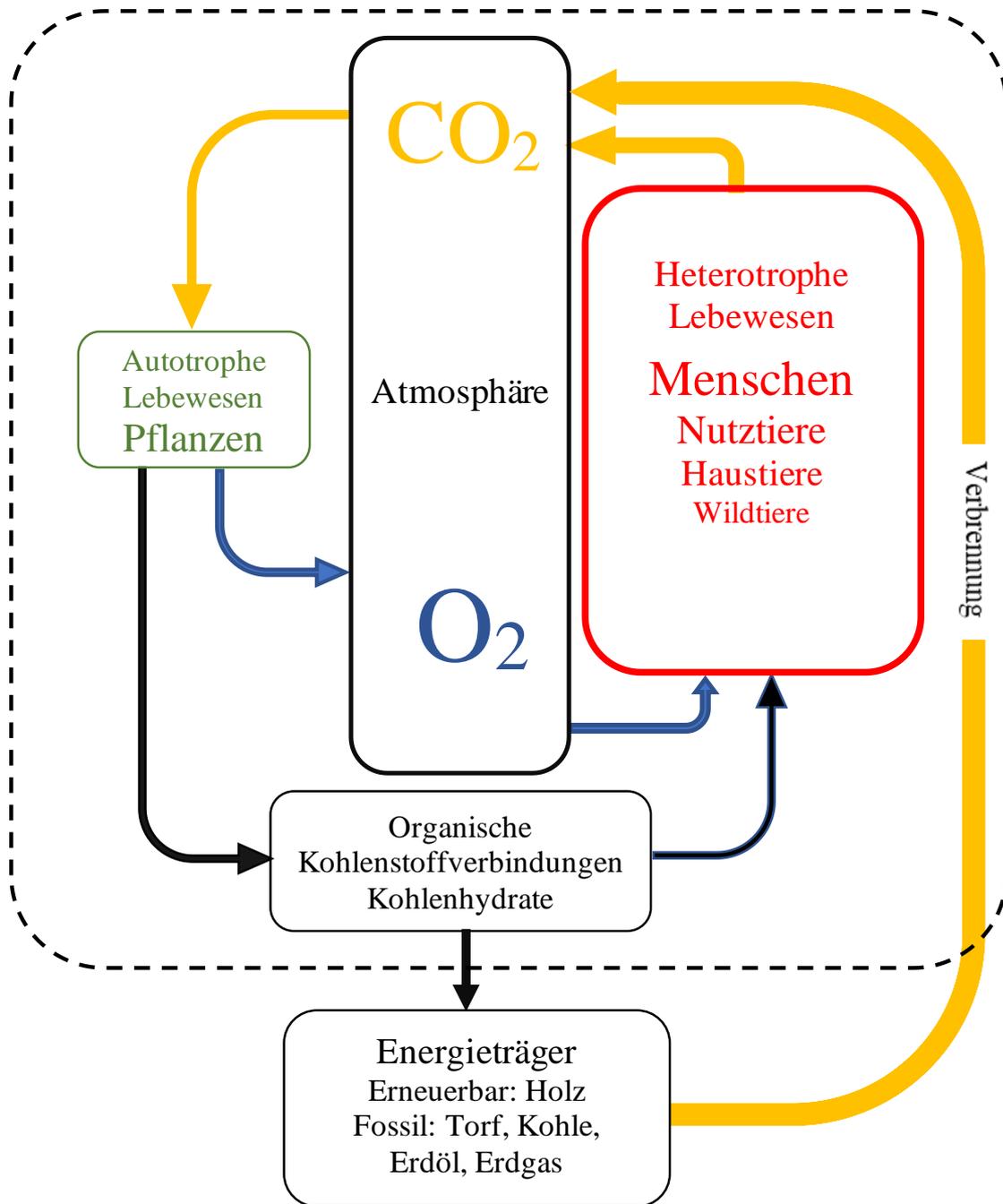
Immer mehr Menschen brauchen immer mehr Platz, mehr sauberes Trinkwasser, mehr Nahrung, mehr Energie und mehr Rohstoffe. Die Erde ist im selben Zeitraum nicht entsprechend grösser geworden.

Anthropogener Kohlenstoff-Kreislauf

Das exponentielle Wachstum der Weltbevölkerung hat den Kohlenstoff-Kreislauf in Schieflage gebracht. Die Zahl der heterotrophen Lebewesen (Menschen, Nutz- und Haustiere) ist exponentiell gestiegen. Der Anteil der autotrophen Lebewesen (Pflanzen) hat abgenommen – unter anderem durch grossflächige Abholzungen für die Holzgewinnung, Brandrodungen für Plantagen und Weideflächen für Nutztiere und für die Ausbeutung von Bodenschätzen.

Verbrennungsvorgänge wie Brandrodungen, grossflächige Waldbrände und die Verbrennung fossiler Energieträger produzieren grosse Mengen CO₂ und sind somit klimarelevant. Der anthropogene Kohlenstoff-Kreislauf ist CO₂-lastig.

Anthropogener Kohlenstoff-Kreislauf



© 2021 Urs-Peter Oberlin

Die Korrektur des anthropogenen Kohlenstoff-Kreislaufs

Wie können wir den Kohlenstoff-Kreislauf wieder ins Gleichgewicht bringen?

Es gibt Umweltschützer, die die Lösung in einer drastischen Senkung des Lebensstandards suchen. Dem entgegen stehen Entwicklungs- und Schwellenländer (mit grossen Bevölkerungszahlen), die verständlicherweise ebenfalls den Lebensstandard der entwickelten Industrienationen erreichen wollen.

Politische und fiskalische Entscheidungen (Steuern, Lenkungsabgaben, Verordnungen, Gesetze, Verbote, Energiewende) und technische Lösungen (CO₂-Speicherung, Elektromobilität) bekämpfen mehr oder weniger erfolgreich die Auswirkungen des exponentiellen Bevölkerungswachstums.

Die Elektromobilität ist in erster Linie ein Geschäftsmodell.

Die Wirtschaft, die Politik, die Armeen und die Kirchen dieser Welt können oder wollen sich kaum eine Bevölkerungspolitik vorstellen oder leisten, die auf eine Schrumpfung ihrer Ressourcen (Steuerzahler, Wähler, Konsumenten, Arbeitskräfte [Arbeiter, Angestellte, Beamte], Soldaten und Gläubige) hinausläuft, denn das bedeutet Verlust von Profit, Macht, Einfluss und Ansehen. Das ganze System ist auf ein Wachstum der Bevölkerungszahlen ausgelegt. Die ökologischen Aspekte interessieren nicht.

Klimaneutralität ist nicht mit Gesetzen, Vorschriften, Steuern, Verboten und technischen Massnahmen realisierbar, sondern nur durch ein Gleichgewicht zwischen autotrophen und heterotrophen Lebewesen. Die einzige, nachhaltige Lösung ist ein Stopp des Bevölkerungswachstums und letztendlich die Reduktion der Weltbevölkerung auf eine ökologisch vertretbare Anzahl Menschen.

Das kann auf unterschiedliche Weise geschehen:

Durch Dichtestress, zunehmende Gewalt, Verteilungskämpfe, Kriege und Seuchen.

Der andere Weg ist der der freiwillige, auf Einsicht und Verantwortungsbewusstsein jedes Einzelnen beruhende Verzicht auf Nachkommen (Antinatalismus).