

1. Motivation

„Kürzlich las ich zwei Bücher, eines von dem Physiker David Goldstein und eines von dem Ökonomen Björn Lomborg. Das erste beschreibt eine drohende Energiekrise, ausgelöst durch das Ende des Ölzeitalters, bald und einschneidend. Das zweite zeichnet ein komplett anderes Bild: „Alles ist in Ordnung“, tatsächlich „wird alles noch besser“. „Uns steht keine größere Energiekrise bevor“, und „es gebe genug Energie“. Wie können zwei kluge und gebildete Menschen zu solch unterschiedlichen Schlüssen kommen? Das wollte ich herausfinden.“

David MacKay

♦Die von David MacKay schon 2008 so treffend formulierte Diskrepanz zwischen den energiewirtschaftlichen Zukunftserwartungen verschiedener Gruppen hat auch die deutsche Politik der letzten Monate in ganz erheblichem Maße geprägt: Noch im Herbst 2010 hatte der deutsche Bundestag die Laufzeitverlängerung von Atomkraftwerken als dringend erforderliche Brückentechnologie beschlossen, da sie „alternativlos“ zum Erreichen der Klimaschutzziele sei. Große – vor allem finanzielle – Anstrengungen wurden geplant (getragen aus der Brennelementesteuer, mit der die zu erwartenden umfangreichen Gewinne aus dem Betrieb der Reaktoren abgeschöpft werden sollten) um eine möglichst rasche Umstellung von fossiler auf regenerative Energieversorgung zu gewährleisten und ambitionierte Klimaschutzziele erreichbar zu machen. „Diese Koalition erhöht die Klimaschutzziele: 80 bis 95 Prozent bis 2050“ sagte Michael Kauch vor dem deutschen Bundestag im Herbst 2010. Sogar diese geplanten massiven Förderungen nachhaltiger Energietechnik gingen manchen noch nicht weit genug: „Sie sagen: Sie tun das alles für den Klimaschutz. Ich sage: Sie reißen das Klimaschutzziel! Wer 2050 80 Prozent des Stroms erneuerbar erzeugt, der wird das 2-Grad-Ziel nicht einhalten können.“ entgegnete ihm Jürgen Trittin damals.

Im Sommer 2011 änderte sich – unter dem Eindruck des Unglücks in den japanischen Reaktoren von Fukushima, das zu einer veränderten Risikobewertung der Kernenergie bei der Bundesregierung führte – die energiepolitische Zielrichtung des Bundestages grundlegend. Es wurde zwar weiterhin am Ausbau erneuerbarer Energien festgehalten: „Der Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch soll bis 2050 auf 60 Prozent, ihr Anteil am Stromverbrauch auf 80 Prozent anwachsen. 2020 sollen mindestens 35 Prozent unseres Stroms aus Wind, Sonne, Wasser und anderen regenerativen Energiequellen erzeugt werden“ (Angela Merkel), ein Ersatz der CO₂-neutralen Kernreaktoren durch fossil befeuerte Gas- und Kohlekraftwerke wurde jedoch als „Meilenstein für den schnellstmöglichen Atomausstieg“ mit breiter Mehrheit über Fraktionsgrenzen hinweg beschlossen.

Ist also alles doch nicht so schlimm mit dem Klimawandel? Kann man nun plötzlich auch ohne Atomkraft das 2-Grad-Ziel einhalten?

◦Auch innerhalb der Öko-Bewegung herrscht Uneinigkeit. Zwar sind alle sich einig, dass dringend etwas getan werden muss, aber was? Jonathon Porritt, Vorsitzender der Kommission für nachhaltige Entwicklung schrieb: „eine atomenergiefreie Strategie könnte und sollte ausreichen, alle CO₂-Reduktionen zu ermöglichen, die wir bis 2050 und darüber hinaus brauchen, und sicheren Zugang zu verlässlichen Energiequellen gewährleisten.“ Dagegen schreibt der Umweltaktivist James Lovelock in seinem Buch „The Revenge of Gaia“: „Bereits jetzt ist es viel zu spät, um eine nachhaltige Entwicklung einzuleiten“. Aus seiner Sicht ist Energie aus Kernspaltung, wenn auch nicht als langfristiges Allheilmittel für unseren kranken Planeten wünschenswert, doch „die

einzig effektive Medizin, die wir derzeit zur Verfügung haben“. Windräder sind „nur eine Geste, die ökologischen Glaubensbezeugungen [unserer Führungspersönlichkeiten] zu untermauern“.

Diese hitzige Debatte geht in ihrem Kern um Zahlen. Wie viel Energie kann jede Quelle beitragen, zu welchen ökonomischen und sozialen Kosten, und mit welchen Risiken? Doch aktuelle Zahlen sind sehr selten erwähnt. In öffentlichen Debatten sagen die Leute lediglich „Atomkraftwerke sind Goldgruben“ oder „Wir haben riesige Mengen an Sonne und Wind“. Das Problem an dieser Art des Sprachgebrauchs ist: Es reicht nicht zu wissen, dass etwas riesig ist. Wir müssen herausfinden, in welcher Relation dieses „riesig“ zu einem anderen „riesig“ steht, nämlich zu unserem riesigen Energieverbrauch. Um diese Relation darzustellen, brauchen wir Zahlen, keine Adjektive.

Wo Zahlen benutzt werden, ist deren Bedeutung oft verschleiert durch ihre unvorstellbare Größe. Zahlen werden verwendet, um zu beeindrucken und um Argumentationspunkte zu unterfüttern, anstatt zu informieren. „Die Einwohner von Los Angeles fahren täglich 227 Millionen Kilometer – die Entfernung von der Erde zum Mars“ „Jedes Jahr werden 11 Millionen Hektar Regenwald zerstört“ „6,3 Milliarden Kilogramm Abfall werden jährlich in die Meere verklappt“ „Die Engländer werfen jedes Jahr 2,6 Milliarden Scheiben Brot weg.“ „Der jährliche Papiermüll in England¹ würde 103448 Doppeldeckerbusse füllen“.

Wenn man alle ineffektiven Ideen zur Lösung der Energieprobleme aneinander legte, würden sie bis zum Mond und zurück reichen ... oder?

Und die Folge dieses Mangels an aussagekräftigen Zahlen und Fakten? Wir werden überschwemmt von zahlenfreiem und unzählbarem Unsinn. Über die Medien werden Ratschläge verteilt, wie wir unser Schärflein zur Rettung des Planeten beitragen können, etwa: „Stecken Sie ihre Handy-Ladegeräte aus, wenn sie nicht benutzt werden.“ Wenn jemand entgegnet, dass Handy-Ladegeräte nicht wirklich unsere Nummer Eins in der Liste der Energieverbraucher sind, wird das Motto „Jeder kleine Schritt zählt“ ausgegeben. Jeder kleine Schritt zählt? Ein realistischeres Motto ist

Wenn jeder Beitrag klein ist, ist auch der Gesamteffekt klein.

Unternehmen tragen zum täglichen Unsinn bei, indem sie uns erzählen, wie wundervoll wir doch sind und wie sie uns dabei helfen, „unseren Beitrag zu leisten“. Die Homepage von BP zum Beispiel preist die CO₂-Reduktion, die sie sich erhoffen, wenn sie den Anstrich ihrer Schiffe verändern. Fällt darauf jemand herein? Sicher wird jeder vermuten, dass es nicht der Anstrich außen am Tanker, sondern die Ladung in seinem Inneren ist, die Aufmerksamkeit verdiente, um die CO₂-Emissionen einer Gesellschaft signifikant zu reduzieren...

BP rief auch einen Web-basierten „CO₂-Absolutionsservice“ ins Leben, „targetneutral.com“, der behauptet, man könne seine CO₂-Emission neutralisieren, und dass „das die Welt nichts koste“, speziell, dass Sie Ihre CO₂-Verschmutzung für 40€ loswerden könnten. Wie kann das gehen? Würden die wahren Kosten, dem Klimawandel zu begegnen, gerade mal 40 € pro Person betragen, dann könnte eine Regierung das aus der Portokasse leisten!

¹ Hier wie im folgenden häufig steht „England“ für das gesamte Vereinigte Königreich von Großbritannien und Nordirland, das United Kingdom (UK). Gelegentlich weise ich darauf durch den Zusatz „England (UK)“ explizit hin. England (UK) insgesamt besteht verwaltungsseitig aus den vier „countries“ England, Schottland, Nordirland und Wales. Manche Aussagen dieses Buches gelten für diese Verwaltungseinheit England, zur Unterscheidung bezeichne ich sie dann mit „England (country)“.

Noch schlimmer sind Firmen, die das gegenwärtige Umweltbewusstsein ausbeuten, indem sie „Wasserkraft-Batterien“, „biologisch abbaubare Handys“, „portable Windturbinen zum Anstecken“ und andere unsinnige Dinge anbieten.

Auch Kampagnen führen oftmals in die Irre. Leute, die Erneuerbare Energien gegenüber Atomkraft favorisieren, sagen: „Offshore-Windparks können die gesamten Haushalte Englands mit Strom versorgen“, und dann sagen sie „Neue AKWs werden wenig gegen den Klimawandel ausrichten“, da 10 neue AKWs „die Emissionen nur um 4% verringern“. Dieses Argument ist irreführend, da das Spielfeld auf halbem Weg gewechselt wurde, von der „Anzahl versorgter Haushalte“ zur „CO₂-Reduktion“. Die Wahrheit ist, dass die Menge elektrischer Leistung der wundervollen Windkraftwerke, die „alle Haushalte Englands versorgen“ können, genauso groß ist wie die Leistung von 10 AKWs. „Alle Haushalte Englands versorgen“ trägt also mit 4% zur CO₂-Emission Englands bei.

Vielleicht die schlimmsten Unsinn-Stifter sind aber die Leute, die es eigentlich wirklich besser wissen sollten – die Medien und Verleger, die den Unsinn verbreiten – zum Beispiel „New Scientist“ mit dem Artikel über das „wasser-betriebene Auto“ (vgl. auch die Anmerkungen am Ende des Kapitels zu den furchtbaren Details. Jedes Kapitel hat Endnoten mit Quellenangaben und Anmerkungen. Um den Leser nicht abzulenken, wollte ich diese Anmerkungen nicht als Fußnoten im Text platzieren).

In einem Klima, in dem die Leute die Zahlen nicht verstehen, können Zeitungen, Kampagnen, Firmen und Politiker mit allem durchkommen.

Wir brauchen einfache Zahlen, und wir brauchen sie aussagekräftig, vergleichbar und einprägsam.

Haben wir die Zahlen zur Hand, können wir auch Fragen wie diese beantworten:

1. Kann ein Land wie Deutschland theoretisch mit seinen eigenen erneuerbaren Energieressourcen leben?
2. Wenn jeder seine Thermostate ein Grad näher an die Außentemperatur dreht, ein kleineres Auto fährt und Handyladegeräte ausschaltet, wenn sie nicht benutzt werden, kann die Energiekrise dann abgewendet werden?
3. Sollte die Steuer auf Kraftstoffe signifikant erhöht werden? Sollte man die erlaubte Höchstgeschwindigkeit auf allen Straßen halbieren?
4. Wenn der Klimawandel „eine größere Bedrohung als der Terrorismus“ ist, können wir es dann verantworten, Atomkraft durch fossile Brennstoffe zu substituieren?
5. Können wir durch ein Umsteigen auf „fortschrittliche Technologien“ die CO₂-Verschmutzung stoppen, ohne unseren Lebensstil zu ändern?
6. Sollten die Leute angehalten werden, mehr vegetarische Nahrungsmittel zu essen?
7. Ist die Erdbevölkerung um den Faktor 6 zu hoch?

6 Millionen Haushalte versorgen	= 1 kWh/d/p
18 Millionen Tonnen CO₂ einsparen	= 1 kWh/d/p
30 TWh/a oder 108 PJ/a	= 1 kWh/d/p

Fig. 1.1: Einige nützliche Umrechnungen für Deutschland. Weitere Umrechnungshilfen stehen in Anhang J. Die personalisierte Einheit kWh/d/p – Kilowattstunde pro Tag pro Person – betrachten wir in Kapitel 2, Seite 26 genauer.



Energie-Emoticons

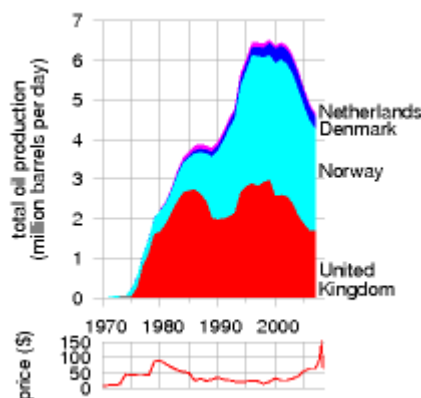
Warum diskutieren wir über Energiepolitik?

◦Drei verschiedene Grundüberlegungen führten zur aktuellen Energiediskussion:

Erstens: Fossile Brennstoffe sind eine begrenzte Ressource. Gut möglich, dass billiges Öl (für unsere Fahrzeuge) und billiges Gas (zum Heizen von Gebäuden) innerhalb einer Generation ausgehen werden. Deshalb suchen wir alternative Energiequellen. Nimmt man zur Kenntnis, dass fossile Brennstoffe eine wertvolle Ressource sind, die zur Herstellung von Plastik und vielen anderen kreativen Dingen verwendbar ist, sollte man sie vielleicht für eine bessere Verwendung aufheben, anstatt sie einfach anzuzünden.

Zweitens: Wir haben ein Interesse an der Sicherheit der Energieversorgung. Auch wenn fossile Brennstoffe weiterhin irgendwo auf der Welt verfügbar sind, wollen wir vielleicht nicht davon abhängig sein, da das unsere Wirtschaft verwundbar macht und uns den Launen der Öl und Gas exportierenden Länder ausliefert.

Fig.1.2: Gehen uns die fossilen Brennstoffe aus? Europäische Rohölproduktion aus der Nordsee, und der Ölpreis in Dollar pro Barrel.



Wie in Fig. 1.2. zu sehen, sieht es so aus, als hätten „unsere“ fossilen Brennstoffe den Zenit bereits überschritten. ♦Für Deutschland zeichnet sich durch den Atomausstiegsbeschluss eine kurzfristig noch erhöhte Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen ab; es besteht die Gefahr, dass der Elektrizitätsbedarf teilweise die Elektrizitätsproduktion übersteigen wird, wenn man nicht adäquat gegensteuert.

◦Drittens: Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Benutzung fossiler Brennstoffe das Klima verändert. Der Klimawandel wird mehreren menschlichen Aktivitäten angelastet, vorrangig jedoch dem verstärkten Treibhauseffekt durch CO₂-Emission. Der Hauptanteil an CO₂-Emission kommt aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Und der Hauptgrund, fossile Brennstoffe zu verbrennen, ist zur Energiegewinnung. Um den Klimawandel in den Griff zu bekommen, müssen wir also einen neuen Weg finden, Energie zu erzeugen. Das Klimaproblem ist somit größtenteils ein Energieproblem.

Welcher dieser drei Punkte uns auch immer motiviert, wir brauchen Zahlen zur Energiethematik und eine Politik, die sie zusammenzählen kann.

Die ersten beiden Punkte beinhalten eine geradlinige und durchaus auch egoistische Motivation, fossilen Brennstoffeinsatz drastisch zu reduzieren. Der dritte Punkt, Klimawandel, ist eine eher altruistische Motivation – die Auswirkungen des Klimawandels treffen nicht uns, sondern zukünftige Generationen über viele hundert Jahre. Mancher mag finden, dass Klimawandel nicht in seiner Verantwortung liegt und argumentieren: „Was kann ich mit meinem Handeln schon bewirken? Deutschland hat einen Anteil von maximal 4 % am weltweiten CO₂-Ausstoß, selbst wenn es gelänge, diesen auf null zu reduzieren, was würde es bringen? China liegt außerhalb jeder Kontrolle!“ Deshalb will ich den Klimawandel hier etwas ausgiebiger behandeln, denn während der Arbeit an diesem Buch stieß ich auf einige interessante Fakten, die auch Licht auf diese ethischen Fragestellungen werfen. Der geneigte Leser, der kein Interesse

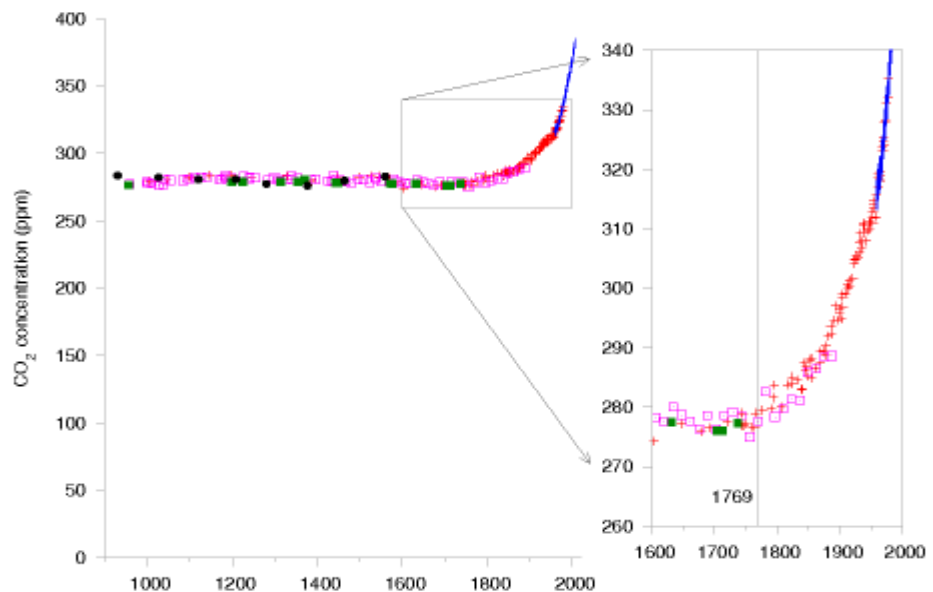
am Klimawandel hat, möge den nächsten Abschnitt einfach überspringen und auf Seite 16 weiterlesen.



Die Sache mit dem Klimawandel

Will man die Notwendigkeit nachhaltiger Energiepolitik über den Klimawandel motivieren, argumentiert man üblicherweise in drei Schritten: Erstens: Menschen verursachen durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe einen Anstieg der CO₂-Konzentration; zweitens: CO₂ ist ein Treibhausgas; drittens: Erhöhung des Treibhauseffekts hat den Anstieg der mittleren globalen Temperatur (und einige weitere Effekte) zur Folge.

Fig.1.4: Kohlendioxid-(CO₂)-Konzentrationen (in ppm) während der letzten 1100 Jahre, gemessen an Luft, die in Bohrkernen aus Gletschern eingeschlossen war (Werte bis 1977) und aus direkten Messungen auf Hawaii (Werte ab 1958).



Beginnen wir mit der Tatsache, dass die CO₂-Konzentrationen in Luft und Wasser ansteigen. Fig. 1.4. zeigt Messungen der CO₂-Konzentration in Luft seit dem Jahr 1000 bis heute. Einige „Skeptiker“ haben angemerkt, dass der gegenwärtige Anstieg der CO₂-Konzentration ein natürliches Phänomen sein könnte. Aber denken Sie nicht, dass möglicherweise irgendetwas passiert sein könnte zwischen 1800 und 2000? Etwas, das nicht Teil des natürlichen Prozesses war, der in den 1000 Jahren davor wirkte? Etwas geschah in dieser Zeit, und das war die Industrielle Revolution.² In der Zeichnung ist das Jahr 1769 gekennzeichnet, in dem James Watt seine Dampfmaschine patentierte. Während die erste funktionierende Dampfmaschine schon 1698 erfunden wurde, brachte Watts viel effizientere Maschine die Industrielle Revolution erst ins Rollen. Eines

² *Die Industrielle Revolution und der mit ihr verbundene Anstieg der CO₂-Emission sind zeitlich mit dem Einsetzen der gegenwärtigen globalen Erwärmung korreliert. Eine solche zeitliche Korrelation ist oft ein Hinweis auf kausale (ursächliche) Zusammenhänge zwischen Ereignissen, und aus heuristischer Sicht ist es unbedingt ratsam, besonders in zeitlich korrelierten Vorgängen nach Kausalzusammenhängen zu suchen. Als schlüssigen Beweis sollte man diese Korrelation jedoch nicht vorbringen, sie birgt gewisse Risiken. Nehmen wir etwa die Geburtenrate in Deutschland und tragen sie in einem zeitlichen Diagramm über die letzten Jahrzehnte auf, sehen wir einen klaren Abwärtstrend. Nehmen wir Veröffentlichungen von Biologen über Vogelbestände, sagen wir, die in Deutschland brütenden Weißstörche, finden wir in demselben Zeitraum einen ähnlich deutlichen Rückgang. Hier einen Kausalzusammenhang zu vermuten würde man aber landläufig eher als Ammenmärchen abtun.

der Haupt-Einsatzgebiete der Dampfmaschine war das Abpumpen von Wasser aus Kohlebergwerken. In den folgenden Zahlen und Diagrammen zeige ich die Entwicklung der Kohleproduktion am Beispiel Großbritanniens. ♦Die Entwicklung in Deutschland ist historisch gesehen - zumindest bis zur Mitte des 20 Jahrhunderts - ganz ähnlich verlaufen, jedoch lag die deutsche Kohleproduktion meist bei rund der Hälfte der britischen Werte.

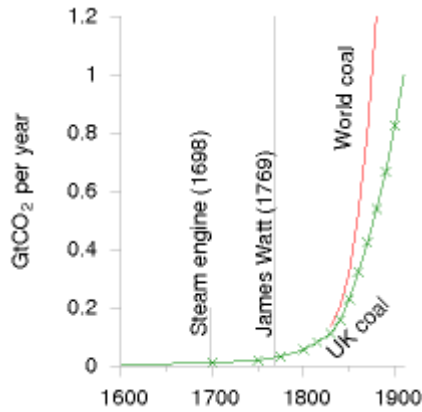
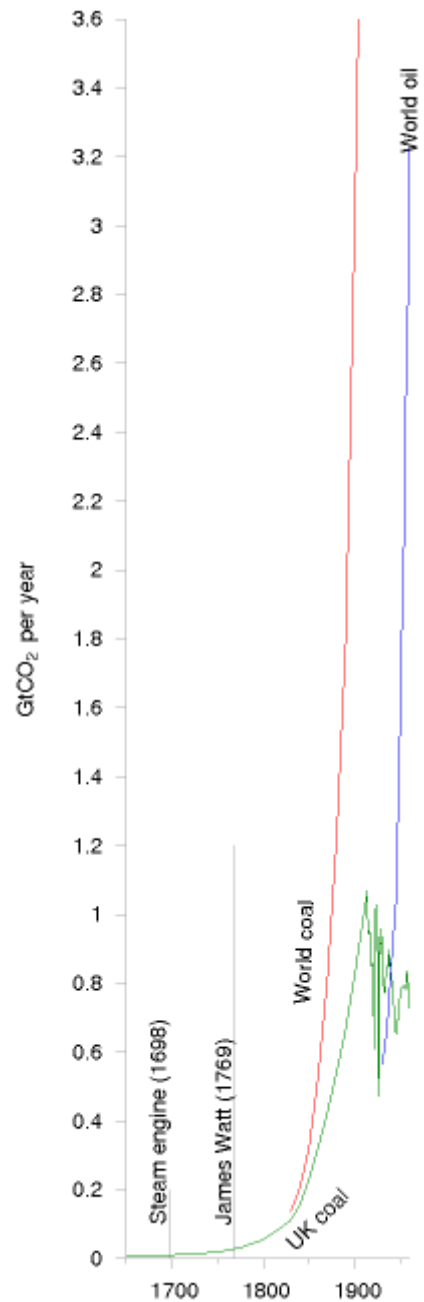


Fig.1.5 (oben): die Geschichte der englischen und der weltweiten Kohleproduktion von 1600 bis 1910. Produktionsraten dargestellt in Milliarden Tonnen CO₂ – eine unverständliche Einheit, zugegeben, doch keine Sorge, wir werden sie in Kürze personalisieren.

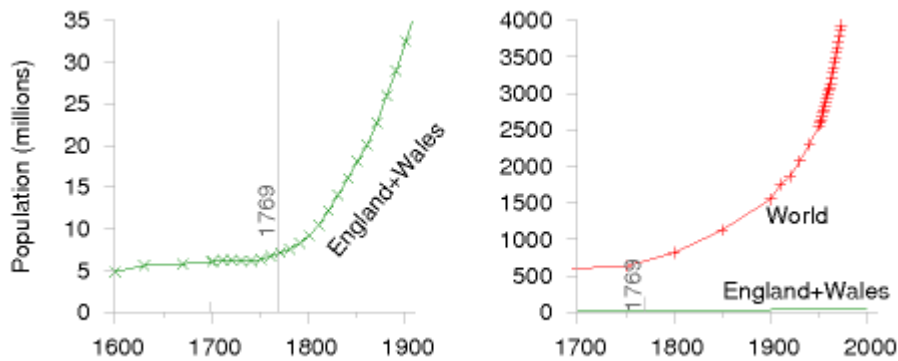
Fig.1.6 (rechts): Was als nächstes passierte. Die Geschichte der englischen Kohleproduktion von 1650 bis 1960, in derselben Einheit wie Fig.1.5.



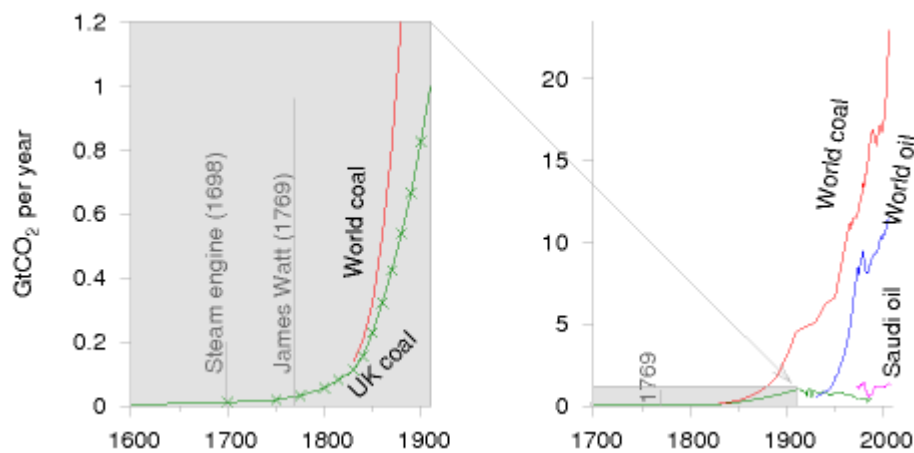
◦Fig. 1.5 zeigt die britische Kohleproduktion ab 1769. Als Skaleneinheit für die Kohleproduktion benutze ich jeweils eine Milliarde Tonnen des CO₂, das bei der Verbrennung dieser Kohle frei wird. Um 1800 wurde Kohle vorrangig verwendet für die Eisenproduktion, für die Schifffahrt, zur Gebäudeheizung und zum Antrieb von Lokomotiven und anderen Maschinen und natürlich um die Pumpen anzutreiben, die den Abbau von immer mehr Kohle aus den Hügeln von England und Wales ermöglichten. England war schrecklich gesegnet mit Kohle: Als die Industrielle Revolution begann, lagerte unter Britannien etwa die gleiche Menge Kohle wie unter Saudi-Arabien Öl.

In den 30 Jahren von 1769 bis 1800 verdoppelte sich die britische Kohleproduktion. Weitere 30 Jahre später (1830) hatte sie sich erneut verdoppelt. Die nächste Verdoppelung geschah innerhalb 20 Jahren (1850), und nochmals eine Verdopplung in

weiteren 20 Jahren (1870). Die Kohle erlaubte es England, den Globus pink zu färben. Der Wohlstand, der dadurch nach England und Wales kam, spiegelt sich in einem Jahrhundert von nie da gewesenem Bevölkerungswachstum wider.



Andere Länder sprangen auf den Zug auf, so dass die Revolution sich verbreitete. Fig.1.6 zeigt die britische und weltweite Kohleproduktion auf derselben Skala wie Fig.1.5, wobei das Fenster der Geschichte auf 50 Jahre später verschoben ist. Die britische Kohleproduktion hatte ihr Maximum 1910, doch verdoppelte sich zwischenzeitlich die Weltproduktion alle 20 Jahre. Es ist schwierig, die Geschichte der Kohleproduktion in *einem* Diagramm darzustellen. Um die nächsten 50 Jahre auf derselben Skala darzustellen, müsste das Buch einen Meter hoch sein. Um diese Schwierigkeit zu überwinden, kann man entweder die senkrechte Achse umskalieren:

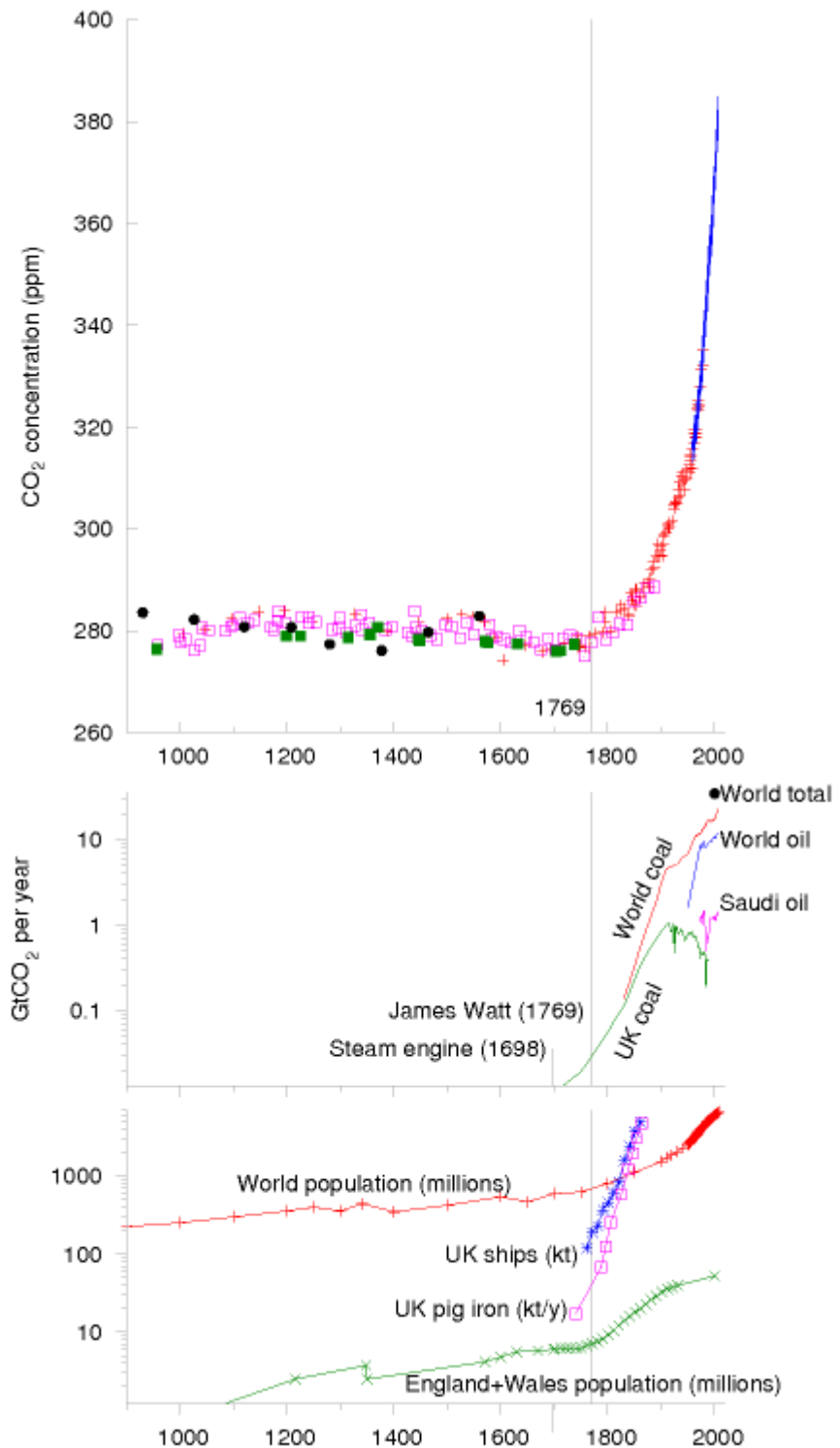


Oder man kann die senkrechte Achse nichtlinear stauchen, so dass kleine und große Werte gleichzeitig in einem einzigen Diagramm darstellbar werden. Eine bevorzugte Art der nichtlinearen Stauchung ist die logarithmische Skala, die ich in den unteren beiden Diagrammen der Fig.1.7 (Seite 9) benutzt habe. Auf einer logarithmischen Skala ist jede Verzehnfachung (von 1 auf 10, von 10 auf 100, von 100 auf 1000) durch denselben Abstand repräsentiert. In einer logarithmischen Skala bildet sich eine Größe, die einen konstanten jährlichen prozentualen Zuwachs (sog. Exponentielles Wachstum) hat, als eine gerade Linie ab. Logarithmische Diagramme eignen sich hervorragend, um Wachstum zu verstehen. Während die linearen Diagramme in den Abbildungen oben die Botschaft transportieren, dass britische und weltweite Kohleproduktion gewaltig anstiegen, und dass britische und weltweite Bevölkerung ebenfalls gewaltig anstiegen, können sie die relativen Wachstumsraten nicht evident darstellen. Die logarithmische Darstellung erlaubt uns dagegen einen Vergleich der Wachstumsraten.

Fig.1.7: Die obere Grafik zeigt CO₂-Konzentrationen (in ppm) während der letzten 1100 Jahre, dieselben Daten wie Fig.1.4.

Die untere Grafik stellt auf einer logarithmischen Skala einige Konsequenzen der Industriellen Revolution dar: Deutliche Bevölkerungszunahme in England und auf der gesamten Welt, eine bemerkenswerte Zunahme der englischen Roheisenproduktion (in 1000 t pro Jahr) und das Wachstum in der Tonnage englischer Schiffe (in 1000 t).

Im Gegensatz zu den linearen Skalen der vorherigen Seiten erlaubt die logarithmische Darstellung, die Weltbevölkerung und die englische Bevölkerung in einem gemeinsamen Diagramm darzustellen und interessante Parallelen zu entdecken.



Sieht man auf die Steigungen z.B. der Bevölkerungskurven, kann man erkennen, dass die Wachstumsrate der Weltbevölkerung in den letzten 50 Jahren etwas über der Wachstumsrate von England und Wales um 1800 liegt.

Von 1769 bis 2006 stieg die weltweite jährliche Kohleproduktion auf das 800-fache. Und sie wächst heute noch weiter. Andere fossile Brennstoffe werden ebenfalls gefördert – die mittlere Abbildung in Fig.1.7 zeigt z.B. die Ölproduktion – aber bezüglich CO₂-Emission ist die Kohle nach wie vor führend.

Verbrennen fossiler Brennstoffe ist die Hauptursache für den Anstieg der CO₂-Konzentration. Das ist eine Tatsache, doch Achtung: Ich höre ein andauerndes

Gemurmel einer Schar von Klimawechsel-Inaktivisten. Was sagen die? Hier Dominic Lawson, ein Kolumnist des „Independent“:

„Das Verbrennen fossiler Brennstoffe schickt etwa **sieben Gigatonnen** CO₂ pro Jahr in die Atmosphäre, das klingt nach ziemlich viel. Doch Biosphäre und Ozeane schicken etwa **1.900 Gigatonnen** bzw. **36.000 Gigatonnen** CO₂ jährlich in die Atmosphäre - ... ein Grund, weswegen einige von uns skeptisch sind, wenn so großes Aufhebens gemacht wird über den Anteil der durch die Menschheit verursachten Verbrennung am Treibhauseffekt. Die industriellen („man-made“) CO₂-Emissionen zu senken ist Größenwahn, der die Bedeutung der Menschen weit überschätzt. Politiker können das Wetter nicht ändern.“

Nun, ich habe viel übrig für Skeptizismus, und nicht alles, was Skeptiker sagen, ist Mist – und auch verantwortungsloser Journalismus wie bei Dominic Lawson verdient eine gute Erwiderung.

Das erste Problem mit Lawsons Darstellung ist, dass alle drei Zahlen, die er erwähnt (**7**, **1.900** und **36.000**) falsch sind. Die korrekten Zahlen sind **26**, **440** und **330**. Ungeachtet dieses Fehlers wenden wir uns Lawsons zentralem Punkt zu, der relativen Kleinheit der industriellen („man-made“) Emissionen.

Ja, natürliche Ströme von CO₂ sind definitiv größer als alles, was wir „dazugeschaltet“ haben, als wir vor 200 Jahren ernsthaft begannen, fossile Brennstoffe zu verbrennen. Aber es ist irreführend, nur die großen natürlichen Ströme *in* die Atmosphäre zu quantifizieren und dabei die Rückströme in die Biosphäre und die Ozeane zu vernachlässigen, die nahezu gleich groß sind. Der Punkt ist: diese natürlichen Ströme in die und aus der Atmosphäre waren fast exakt im Gleichgewicht über Jahrtausende.

So könnte man sagen, die natürlichen Ströme heben sich gegenseitig auf. Sie hielten, groß wie sie waren, die CO₂-Konzentration in Atmosphäre und Ozean konstant über die letzten tausend Jahre. Verbrennen von fossilen Brennstoffen erzeugt dagegen einen zusätzlichen Strom, der, obwohl er absolut gesehen klein ist, möglicherweise nicht durch die natürlichen CO₂-Ströme aufgehoben wird. Um mit einer simplen Analogie zu arbeiten: Stellen Sie sich die Passkontrolle der Zollabfertigung in einem Flughafen vor. Eintausend Passagiere kommen stündlich an, und es gibt gerade genug Angestellte, um diese 1000 Passagiere abzufertigen. Es gibt eine gewisse Warteschlange, doch wegen der Übereinstimmung zwischen Ankunftsrate und Abfertigungsrate wächst diese Schlange nicht ins Unermessliche. Stellen Sie sich nun vor, ein zusätzlicher Passagierstrom würde von einem kleineren Nachbarflughafen etwa wegen Nebels hierher umgeleitet. Dieser Strom würde zusätzliche 50 Passagiere pro Stunde in die Ankunftshalle bringen - eine kleine Erhöhung verglichen mit der ursprünglichen Ankunftsrate von 1000 Passagieren pro Stunde. Zumindest anfänglich würden die Zollstellenleiter das Abfertigungspersonal nicht aufstocken, und diese würden weiterhin genau 1000 Passagiere pro Stunde abfertigen. Was passiert? Die Warteschlange würde langsam aber sicher wachsen.

Fossile Brennstoffe zu verbrennen erhöht unbestreitbar die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und in den Ozeanen. Kein Klimaforscher bestreitet diese Tatsache. Wenn man die CO₂-Konzentrationen betrachtet, ist dieser Faktor Mensch vermutlich auch signifikant.

Gehen wir also davon aus, das Verbrennen fossiler Brennstoffe erhöhte die CO₂-Konzentration signifikant. Doch stört das wirklich? „CO₂ und Kohlenstoff sind natürlich!“ erinnert uns die Öllobby, „Kohlenstoff ist Leben!“. Wenn CO₂ keine problematischen Effekte hat, dann würden in der Tat CO₂-Emissionen nicht stören. Doch CO₂ ist ein Treibhausgas. Nicht das stärkste, dennoch ein signifikantes. Gibt man mehr davon in die Atmosphäre, so bewirkt es, was Treibhausgase eben bewirken: Es absorbiert von der

Erde ausgehende Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) und re-emittiert sie in eine zufällige Richtung; der Effekt dieser zufälligen Richtungsverteilung ist ein Behindern des Wärmeflusses vom Planeten ins All, etwa wie eine Bettdecke. CO₂ hat also einen wärmenden Effekt. Diese Tatsache stützt sich nicht auf historische globale Klimadaten, sondern auf einfache physikalische Eigenschaften des CO₂ Moleküls. Treibhausgase sind eine Bettdecke, und CO₂ ist eine Teilschicht davon.

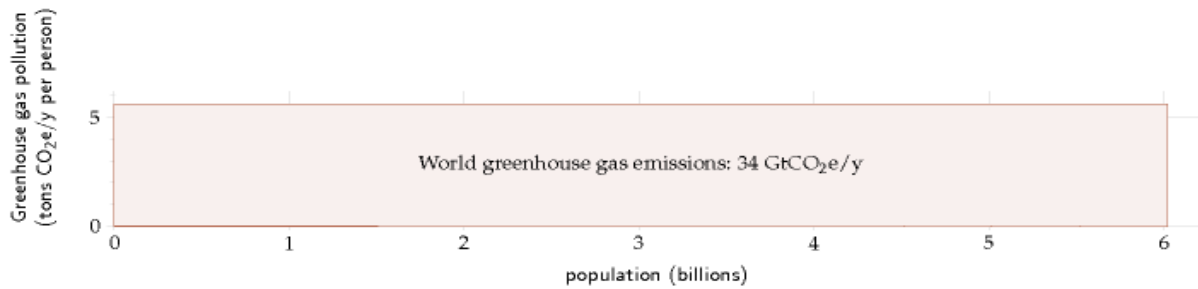
Sollte es den Menschen gelingen, die CO₂-Konzentrationen zu verdoppeln oder zu verdreifachen (worauf wir zusteuern könnten, wenn wir weitermachen wie bisher), was würde passieren? Da gibt es eine Menge Unwägbarkeiten. Klimawissenschaft ist schwierig. Das Klima ist ein komplexes, zuckendes Tier, und wie viel Erwärmung eine CO₂-Verdopplung produzieren würde, ist unsicher. Führende Klimamodelle scheinen nahe zu legen, dass eine Verdopplung der CO₂-Konzentration grob denselben Effekt erzeugen würde wie eine Erhöhung der Sonnenintensität um 2%, und die globale Durchschnittstemperatur um etwa 3 Grad erhöhen könnte. Das wäre etwas, was Historiker „a Bad Thing“ nennen würden. Ich will nicht die ganze Litanei möglicher drastischer Effekte herunterbeten, Sie haben sicher davon bereits vieles gehört. Die Litanei beginnt mit „Die Eisdecke Grönlands wird nach und nach abschmelzen und innerhalb einiger hundert Jahre wird der Meeresspiegel um etwa 7 Meter ansteigen.“ Die Auswirkungen dieser Litanei würden zukünftigen Generationen zufallen. Derartige Temperaturen gab es nicht auf der Erde mindestens innerhalb der letzten 100000 Jahre, und es ist zu vermuten, dass das Ökosystem so signifikant verändert würde, dass einige der Dinge, die wir derzeit für gesichert halten, uns die Erde nicht mehr würde bieten können.

Klimamodelle sind kompliziert und mit großen Unsicherheiten behaftet, nur einige dieser Unsicherheiten habe ich hier angedeutet. Unsicherheit darüber, wie das Klima auf erhöhte Treibhausgase reagieren wird, ist jedoch keine Rechtfertigung für Nichtstun. Wenn Sie auf einem schnellen Motorrad säßen und auf einen Abhang zu führen, aber nicht genau wüssten, wie tief der Abhang ist, wäre die Unsicherheit über die Tiefe des Abhangs ein Grund, *nicht* abzubremesen?

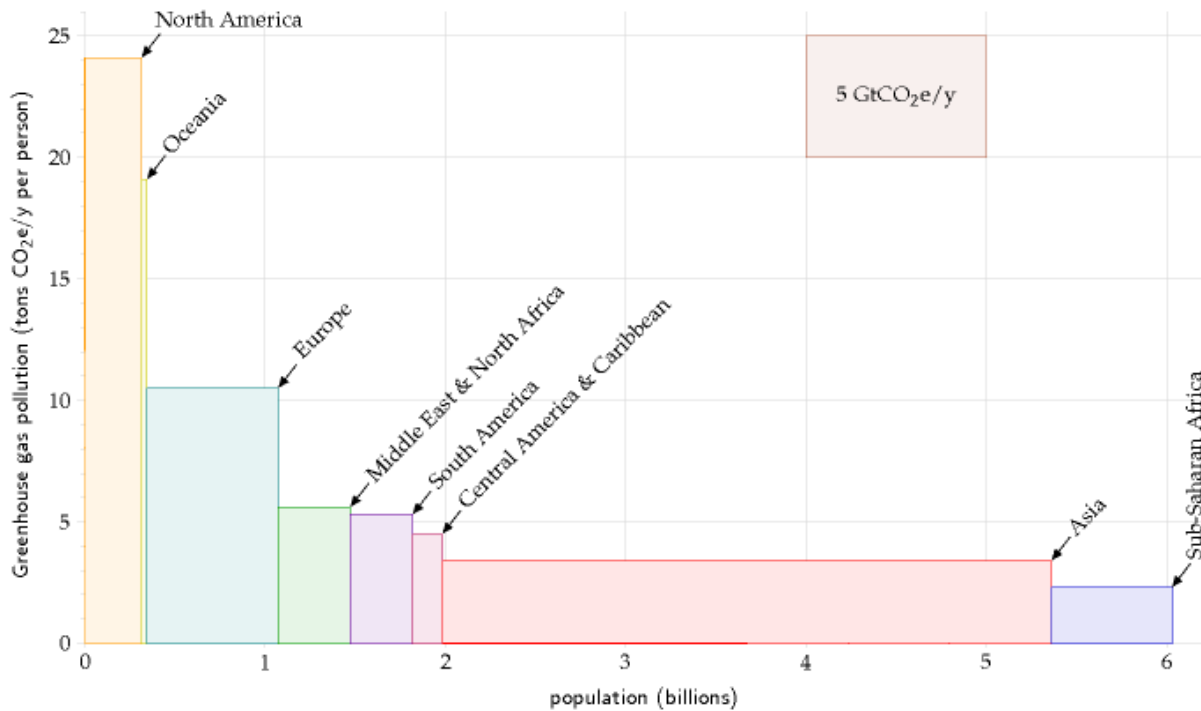
Also, wer soll das Motorrad abbremsen? Wer sollte CO₂-Emissionen abstellen? Wer ist für den Klimawandel verantwortlich? Das ist eine ethische Frage, keine wissenschaftliche, klar, doch auch ethische Diskussionen müssen auf Fakten aufbauen. Lassen Sie uns also die Fakten zu Treibhausgas-Emissionen ergründen. Zuerst ein Wort zu den Einheiten, in denen sie gemessen werden. Treibhausgase umfassen CO₂, Methan und Lachgas (Distickstoffmonoxid), jedes Gas hat unterschiedliche physikalische Eigenschaften; es ist üblich, alle Gasemissionen in CO₂-Äquivalenten anzugeben, wobei „äquivalent“ gleichgesetzt wird mit „mit demselben Erwärmungseffekt über einen Zeitraum von 100 Jahren“. Eine Tonne CO₂-Äquivalent wird abgekürzt mit 1 tCO₂e, eine Milliarde Tonnen als 1 GtCO₂e (eine Gigatonne). Im Jahre 2000 betrug die weltweite - durch industrielle, also menschliche Aktivitäten verursachte - Emission von Treibhausgasen an die 34 Gigatonnen CO₂-Äquivalent jährlich³. Eine unvorstellbare Zahl. Doch wir können sie in eine greifbarere und persönlichere Form übersetzen, indem wir sie durch die Anzahl der Menschen auf dem Planeten, 6 Milliarden⁴, teilen und so die Treibhausgas-Verschmutzung pro Person erhalten, die etwa bei 5½ Tonnen CO₂e pro Person und Jahr liegt. So können wir die weltweiten Emissionen in einem Rechteck darstellen, dessen Breite die Bevölkerung (6 Milliarden) und dessen Höhe die Pro-Kopf-Emission ist.

³ Zu den oben genannten 26 Gt CO₂ kommen noch weitere Anteile der anderen Treibhausgase hinzu.

⁴ 6 Milliarden Menschen ist der korrekte Wert für das Jahr 2000, auf das sich die Zahlen hier beziehen. Die Weltbevölkerung Ende 2011 umfasst 7 Milliarden Menschen.



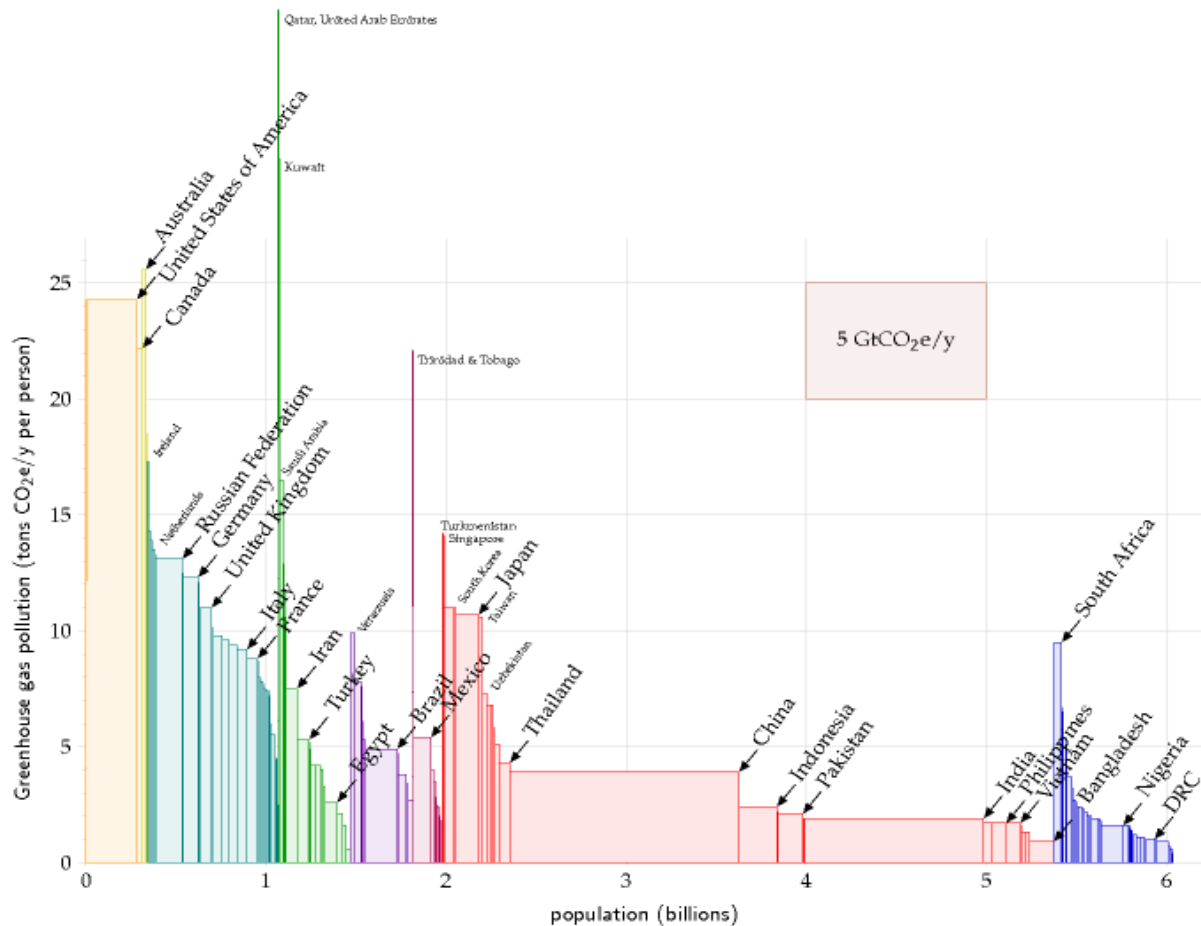
Nun, alle Menschen sind gleich, aber nicht alle emittieren $5\frac{1}{2}$ Tonnen CO_2e jährlich. Wir können die Emissionen des Jahres 2000 aufteilen und sehen, wie sich dieses 34-Gigatonnen-Rechteck auf verschiedene Regionen der Welt verteilt:



Dieses Bild, dargestellt in derselben Skala wie das vorige, teilt die Welt in acht Regionen. Jede Rechtecksfläche repräsentiert die Treibhausgas-Emission einer Region. Die Breite des Rechtecks steht für die Bevölkerung dieser Region, und die Höhe für die Pro-Kopf-Emission in dieser Region.

Im Jahr 2000 war die Pro-Kopf-Emission in Europa doppelt so hoch wie der Weltdurchschnitt, und der Nordamerikas viermal so hoch wie der Weltdurchschnitt.

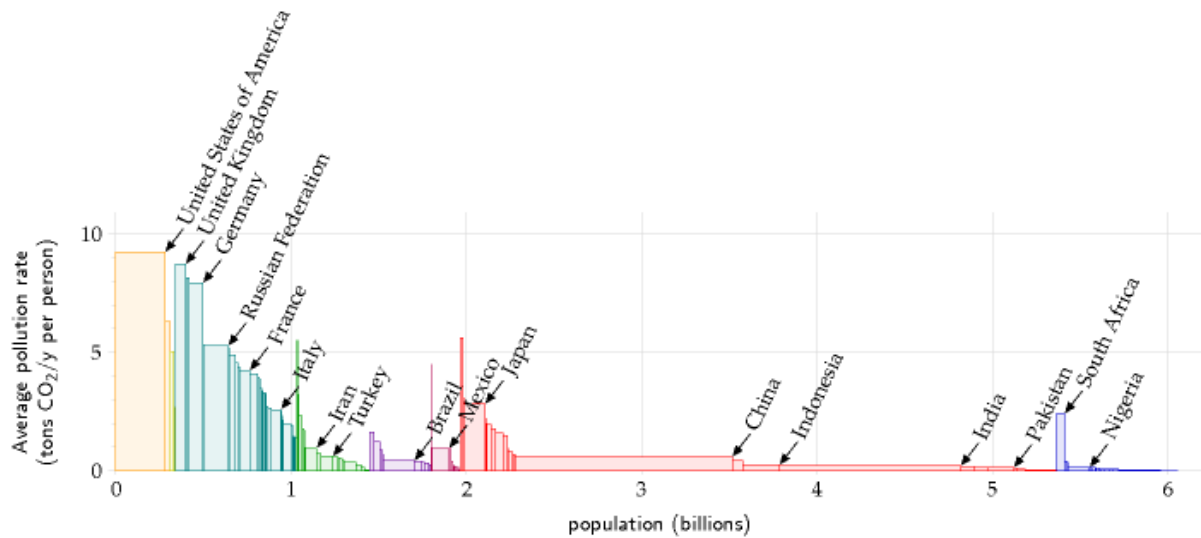
Wir können die Unterteilung verfeinern und die Regionen weiter in Länder aufsplitten. Da wird es richtig interessant: Die Hauptländer mit den größten Pro-Kopf-Emissionen sind Australien, USA und Kanada. Europäische Staaten, Japan und Südafrika liegen dahinter. Unter den Europäischen Staaten liegt Deutschland im oberen Mittelfeld. Was ist mit China, dem angeblichen „Land außer Kontrolle“? Ja, die Fläche des chinesischen Rechtecks ist etwa die gleiche wie die der USA, doch die Pro-Kopf-Emission liegt *unter* dem Weltdurchschnitt. In Indien betragen die Pro-Kopf-Emissionen weniger als die Hälfte des Weltdurchschnitts. Darüber hinaus sollte man im Hinterkopf behalten, dass ein nennenswerter Teil der Emissionen in Indien und China auch mit der Produktion von *Waren für reiche Länder* zusammenhängen.



Nun angenommen, dass „etwas getan werden muss“, um Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren, wer hat dann eine besondere Verantwortung, etwas zu tun? Wie gesagt, das ist eine ethische Frage. Aber ich kann mir schwerlich ein ethisches System vorstellen, das nicht zu dem Schluss kommt, die Verantwortlichkeit liege insbesondere bei den Ländern auf der linken Seite des Diagramms – Länder, deren Emissionen zwei, drei oder viermal höher sind als der Weltdurchschnitt. Länder, die besonders zahlungsfähig sind. Länder wie Deutschland und die USA zum Beispiel.

Historische Verantwortung für den Klimakollaps

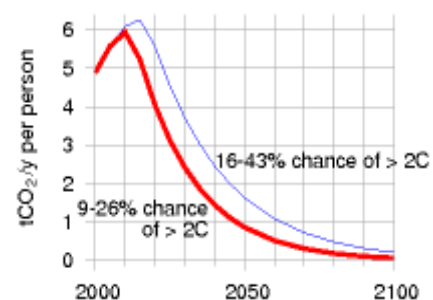
Wenn wir annehmen, dass das Klima durch menschliche Aktivitäten zerstört wurde, und dass jemand es zu reparieren hätte, wer sollte dafür bezahlen? Viele meinen dazu: „Der Verschmutzer soll zahlen!“ Die obigen Bilder zeigen, wer heute die Verschmutzung verursacht. Doch es ist nicht allein die *Rate* der CO₂-Verschmutzung entscheidend, sondern der kumulative Effekt der *gesamten* Emissionen; ein Großteil des emittierten CO₂ (etwa ein Drittel) wird über mindestens 50 oder 100 Jahre in der Atmosphäre hängen. Wenn wir die ethische These akzeptieren, dass „der Verschmutzer zahlen“ sollte, dann sollten wir den historischen Fußabdruck jedes Landes bestimmen. Das nächste Bild zeigt für jedes Land die kumulativen Emissionen von CO₂, ausgedrückt in einer gemittelten Emissionsrate über die Zeitspanne von 1880 bis 2004.



♦ Auch historisch betrachtet, im Ranking der historischen Emittent pro Kopf, ist Deutschland „vorne dabei“, gleich hinter den USA und England.

◦ OK, genug der Ethik. Was ist nach wissenschaftlicher Schätzung erforderlich, um das Risiko einer globalen 2-Grad-Erwärmung zu vermeiden (2 Grad ist die Grenze, über der vielerlei schlimme Konsequenzen vorhergesagt sind)? Hier herrscht klarer Konsens. Wir müssen unsere Sorglosigkeit im Umgang mit fossilen Brennstoffen ablegen, und wir müssen es schnell tun. Einige Länder, einschließlich Deutschland, haben eine mindestens 60%ige Reduktion der Treibhausgase bis 2050 zugesichert, allerdings ist zu betonen, dass 60% Reduktion, so radikal sie sind, das Ruder wahrscheinlich nicht herumreißen werden. Wenn weltweit die Emissionen bis 2050 schrittweise um 60 % gesenkt werden, so schätzen Klimatologen, ist es eher wahrscheinlich, dass die Globaltemperatur um mehr als 2 Grad ansteigen wird. Die Art der Reduktion, die man anstreben muss, ist in Fig.1.8. gezeigt. Diese Grafik zeigt zwei möglicherweise sichere Emissions-Szenarien, die Baer und Mastrandrea (2006) in einem Artikel des Institute of Public Policy Research vorstellten: Die untere Kurve steht unter der Annahme, dass ein weltweites Absenken der Emissionen ab 2007 um runde 5% pro Jahr einsetzt. Die obere Kurve geht von einer kurzen Verzögerung beim Einsetzen der Reduktion aus, und von einer jährlichen Reduktion um 4% weltweit. Bei beiden Szenarien glaubt man, dass eine gewisse Chance besteht, eine Erwärmung um mehr als 2 Grad zu vermeiden. Im unteren Szenario wird die Wahrscheinlichkeit, dass die Erwärmung dennoch die 2-Grad-Marke überschreitet, mit 9-26% abgeschätzt, beim oberen mit 16-43%. Beide dieser möglicherweise sicheren Szenarien beinhalten übrigens signifikant schärfere Reduktionen der Emissionen als alle Szenarien, die vom IPCC oder im Stern-Report (2007) vorgestellt wurden.

Fig.1.8: Globale Emissionen für zwei Szenarien von Baer und Mastrandrea, ausgedrückt in Tonnen CO₂ pro Person und Jahr, bei einer angenommenen Weltbevölkerung von 6 Milliarden. Beiden Szenarien wird eine reelle Chance zugeschrieben, Erwärmung von mehr als 2°C über den vor-industriellen Level zu vermeiden.



Diese möglicherweise sicheren Trajektorien erfordern eine Senkung der globalen Emission bis 2050 um 70% bzw. 85%. Was würde das für ein Land wie Deutschland

bedeuten? Unterschreiben wir die Idee von „Contraction and Convergence“, d.h. dass alle Länder sich zu gleichen Pro-Kopf-Emissionen verpflichten, dann muss Deutschland mehr als 90% reduzieren: Es sollte von gegenwärtig 11 Tonnen CO₂e pro Jahr auf 1 Tonne pro Jahr und Person im Jahr 2050 gelangen. Das ist derart einschneidend, am besten denkt man sich dieses Szenario, als gäbe es überhaupt keine fossilen Brennstoffe mehr.

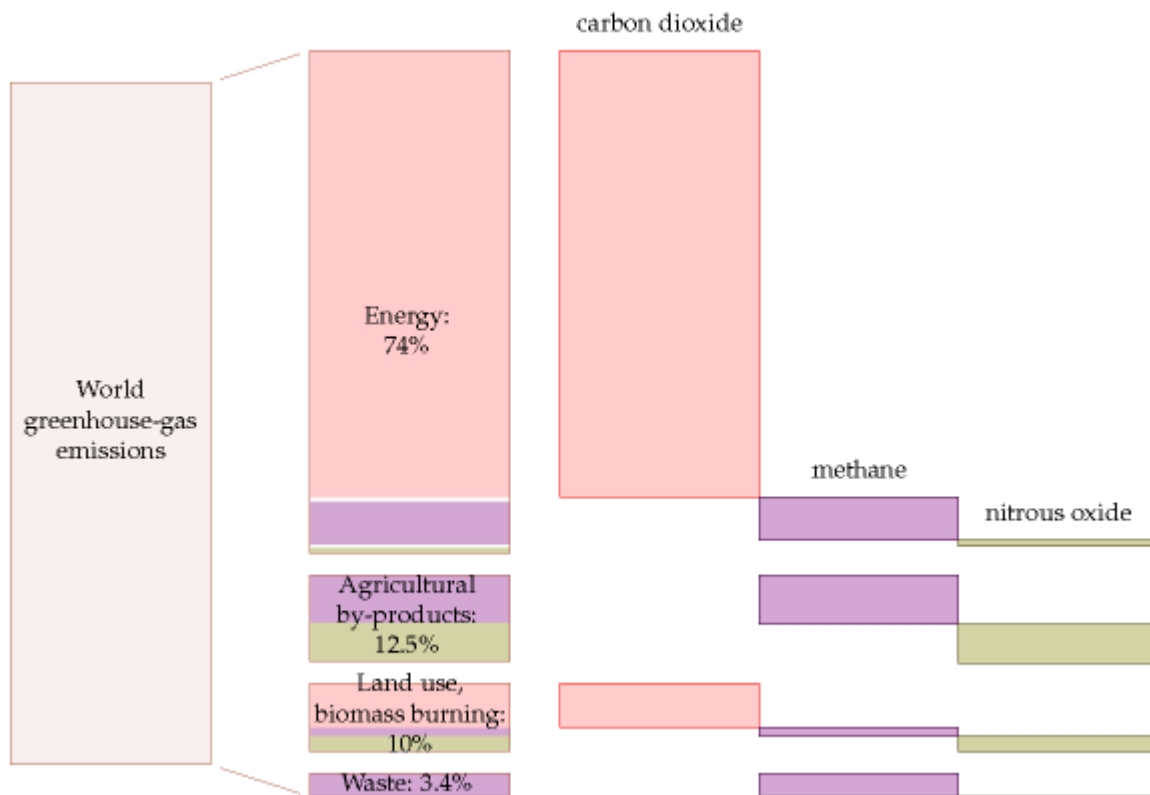


Fig.1.9: Aufschlüsselung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen (2000) nach Ursache und nach Art des Gases. Der Verursacher „Energy“ beinhaltet Kraftwerke, industrielle Prozesse, Verkehr, die Verarbeitung fossiler Brennstoffe, die Heiz- und Verbrauchsenergie in Gebäuden. „Land use ...“ beinhaltet Veränderungen durch Flächenverbrauch, Waldrodung, Verbrennen sich nicht-erneuernder Biomasse wie z.B. Torf, „Waste“ beinhaltet die Abfallwirtschaft. Die Größen stehen für das Erwärmungspotential in einem 100-Jahres-Rahmen. Quelle: Emission Database for Global Atmospheric Research.

Ein letztes Statement zur Klimawandel-Motivation: Obwohl ein weites Feld von menschlichen Aktivitäten Treibhausgase verursacht, bleibt der Energiesektor der weitaus größte Beitrag. Einige Leute begründen ihr Nichtstun mit Entschuldigungen wie „Das Methan furzender Kühe erzeugt mehr Erwärmung als der Luftverkehr.“ Richtig, landwirtschaftliche Nebenprodukte betragen 2000 etwa ein Achtel der gesamten Treibhausgas-Emission. Doch der Energiesektor trug drei Viertel bei (Fig.1.9). Das Klimaproblem ist und bleibt grundsätzlich ein Energieproblem.

Warnungen an den Leser



◦OK, genug zum Klimawandel. Ich werde annehmen, wir seien ausreichend motiviert, fossile Brennstoffe loszuwerden. Was auch immer Ihre Motivation sein mag, Ziel dieses Buches ist, Ihnen behilflich zu sein, die richtigen Zahlen herauszufinden und die nötigen Berechnungen damit anzustellen, um eine politische Strategie zu entwickeln; es soll ein Grundgerüst von Fakten liefern, an Hand dessen Sie abschätzen können, welche Vorschläge wirklich zielführend sind. Ich behaupte nicht, dass die Zahlen oder die Arithmetik in diesem Buch neu seien, die teils schon erwähnten Bücher von Goodstein, Lomborg und Lovelock zum Beispiel sind voll von interessanten Zahlen und Überschlagsrechnungen, und es gibt viele interessante Quellen im Internet (vgl. Literaturhinweise).

Was ich in diesem Buch versuche, ist, diese Zahlen einfach und einprägsam zu machen; Ihnen zu zeigen, wie Sie selbst relevante Zahlen herausfinden können und die Situation so klar darzustellen, dass jeder denkende Leser in der Lage ist, seine eigenen Schlüsse zu ziehen. Ich will Ihnen nicht meine eigenen Schlussfolgerungen aufdrängen. Überzeugungen sind stärker, wenn sie aus einem selber kommen, anstatt beigebracht worden zu sein. Verstehen ist ein kreativer Prozess. Wenn Sie dieses Buch gelesen haben, wird, so hoffe ich, Ihr Vertrauen gestärkt sein, alles Weitere durch eigenes Nachdenken herausfinden zu können.

Ich will noch betonen, dass die Berechnungen, die wir anstellen werden, beliebig ungenau sind. Vereinfachung ist der Schlüssel zum Verständnis. Zum ersten werden wir die Zahlen runden, damit sie leichter zu merken sind. Zum zweiten erlauben gerundete Zahlen schnelle Berechnungen. Für die Belange dieses Buches ist etwa die Bevölkerung ♦Deutschlands 80 Millionen, ◦die Weltbevölkerung 6 Milliarden. Ich kann natürlich viel genauere Angaben finden⁵, doch würde diese Genauigkeit den Gedankenfluss eher stören. Wenn wir beispielsweise erfahren, dass die weltweite Treibhausgas-Emission im Jahr 2000 jährlich 34 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalent betrug, können wir sofort und ohne Taschenrechner ableiten, dass die durchschnittliche Emission pro Person 5 oder 6 Tonnen CO₂-Äquivalent (pro Jahr) betrug. Dieser grobe Wert ist nicht exakt, aber exakt genug, um interessante Diskussionen zu beflügeln. Wenn Sie dann noch erfahren, dass ein interkontinentaler Hin- und Rückflug fast zwei Tonnen CO₂ pro Passagier emittiert, dann hilft dieser Wert (5-komma-nochwas Tonnen pro Person und Jahr) Ihnen bei der Abschätzung, dass ein einziger solcher Flug jährlich mehr als einem Drittel der mittleren CO₂-Emission einer Durchschnittsperson entspricht. Ich bevorzuge es, meine Berechnungen auf alltägliches Wissen zu stützen, anstatt auf unpersönliche landesweite Statistiken. Wenn ich zum Beispiel die typische Geschwindigkeit des Windes abschätzen will, frage ich: „ist meine Geschwindigkeit als Fahrradfahrer gewöhnlich schneller als der Wind?“ und die Antwort ist ja. So kann ich ableiten, dass die Windgeschwindigkeit in Deutschland selten höher ist als meine übliche Fahrradgeschwindigkeit von 20 km/h. Ich untermauere diese Alltagsabschätzungen mit Berechnungen anderer Leute und mit offiziellen Statistiken (siehe dazu die Literaturhinweise). Dieses Buch ist nicht als Nachschlagewerk für supergenaue Zahlenwerte ausgelegt. Stattdessen will es illustrieren, wie man Näherungswerte als Teil einer konstruktiven und für alle nachvollziehbaren Diskussion verwenden kann. Bei den Berechnungen benutzen wir als Bezugsbasis ♦manchmal Deutschland, manchmal England (UK), ◦gelegentlich auch Europa, Amerika oder die gesamte Welt, aber Sie sollten leicht in der Lage sein, die Berechnung für jedes Land oder jede Region Ihres Interesses zu wiederholen.

⁵ So ist die Weltbevölkerung nach offiziellen Zahlen bereits über 7 Milliarden angewachsen. Für die Abschätzungen dieses Buches bleiben wir aber beim alten Schätzwert von 6 Milliarden.

Lassen Sie mich dieses Kapitel mit einigen weiteren Warnungen an den Leser beschließen. Nicht nur, dass ich die Unart habe, Zahlen zu approximieren, ich vernachlässige zudem noch alle Arten von Details, um die sich Investoren, Manager und Ökonomen ernstlich Gedanken machen müssen, diese Armen! Wenn Sie versuchen, eine erneuerbare Energiequelle zu etablieren, machen oft schlappe 5% Kostenmehrung den Unterschied zwischen Erfolg und Misserfolg, daher muss im geschäftlichen Bereich jedes Detail Beachtung finden. Doch 5% ist zu klein für das Radar dieses Buches. Dies ist ein Buch über Abschätzungen, zutreffend vielleicht auf einen Faktor 2, manchmal auch nur Faktor 10. Es geht um physikalische Grenzen nachhaltiger Energiegewinnung, nicht um aktuelle ökonomische Machbarkeit. Die Ökonomie ist immer Schwankungen unterworfen, doch die fundamentalen Beschränkungen werden nie verschwinden. Diese Beschränkungen müssen wir verstehen.

Debatten über Energiepolitik sind auch oft deswegen verwirrend und emotional, weil die Leute faktische Aussagen mit ethischen Aussagen vermischen.

Beispiele faktischer Aussagen sind „globale Verbrennung fossiler Brennstoffe emittiert 34 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr“ und „wenn die CO₂-Konzentration verdoppelt wird, führt das zu einer Erwärmung um 1,5° - 5,8° innerhalb der nächsten 100 Jahre“, „ein Temperaturanstieg von 2° würde das Grönland-Eis innerhalb von 500 Jahren abschmelzen lassen“ und „Das komplette Abschmelzen des Grönland-Eises würde eine Erhöhung des Meeresspiegels um rund 7 Meter bewirken“.

Eine faktische Aussage ist entweder wahr oder falsch; herauszufinden, was davon zutrifft, ist oft schwierig, es ist eine wissenschaftliche Frage. Die Beispiele im letzten Absatz sind entweder wahr oder falsch. Wir wissen nicht, ob alle wahr sind. Einige davon werden gegenwärtig als „sehr wahrscheinlich“ eingestuft. Die Schwierigkeit, zu entscheiden, welche faktischen Aussagen wahr sind, führt zu Debatten in der Wissenschaft. Sind genügend wissenschaftliche Experimente und Diskussionen durchgeführt, kann die Wahrheit oder Falschheit der meisten faktischen Aussagen im Einzelfall herausgefunden werden, wenigstens „über jeden vernünftigen Zweifel erhaben“.

Beispiele ethischer Aussagen sind „Es ist falsch, globale Ressourcen in einer Art und Weise auszubeuten, die zukünftigen Generationen erhebliche Kosten beschert“ und „Verschmutzung sollte nicht kostenlos sein“, „wir sollten Schritte einleiten, die eine weitere Verdopplung der CO₂-Konzentrationen unwahrscheinlich machen“ und „Politiker sollten die CO₂-Emissionen deckeln“, „Die Länder mit dem höchsten CO₂-Ausstoß haben die Verpflichtung, bei Maßnahmen gegen den Klimawandel Vorreiterrollen zu übernehmen“ und „es ist gerecht, CO₂ Emissionsrechte gleichmäßig über die gesamte Weltbevölkerung zu verteilen.“ Solche Aussagen sind weder wahr noch falsch. Ob wir solchen Aussagen zustimmen, hängt von unserer ethischen Beurteilung ab, es steht uns frei. Ethische Aussagen mögen teils unvereinbar mit anderen sein; Beispiel: Tony Blairs Regierung erklärte eine radikale CO₂-Politik: „Großbritannien soll bis 2050 den CO₂-Ausstoß um 60 % reduzieren“; gleichzeitig drängte Gordon Brown, Kanzler in derselben Regierung, wiederholt die ölproduzierenden Länder, ihre Fördermengen zu erhöhen.

Dieses Buch handelt, ich sage das nochmals nachdrücklich, von Fakten, nicht von Ethik. Ich will die Fakten klar darstellen, damit die Leute eine inhaltliche Debatte über ethische Entscheidungen führen können. Ich will, dass jeder begreift, wie die Fakten die Optionen begrenzen, die uns hierbei offen stehen. Wie jeder gute Wissenschaftler werde ich versuchen, meine Ansichten über ethische Fragen auszublenden, und wenn doch gelegentlich etwas davon durchkommt – bitte ich um Nachsicht.

Ob es gerecht ist, wenn Europa und Amerika den Energiekuchen an sich reißen, ist eine ethische Frage; meine Aufgabe ist es, daran zu erinnern, dass man den Kuchen nicht behalten und gleichzeitig essen kann; meine Aufgabe ist es, Ihnen dabei zu helfen, unsinnige und ineffektive politische Vorschläge auszusondern und zu verwerfen; meine Aufgabe ist es, Ihnen zu helfen, eine Energiepolitik zu finden, die zu Ihren persönlichen Wertevorstellungen passt.

Wir brauchen einen Plan, der das alles zusammenbringt, einen Plan, der aufgeht.



„Schau – da ist der Low Carbon Emission Man!“

Fig.1.10: abgedruckt mit freundlicher Genehmigung von PRIVATE EYE / Paul Lowe
www.private-eye.co.uk



“Okay – wir sind uns einig; wir geben bekannt, Nichts zu tun ist keine Lösung’ und warten ab, wie sich die Dinge entwickeln ...“

Fig.1.11: abgedruckt mit freundlicher Genehmigung von PRIVATE EYE / Paul Lowe
www.private-eye.co.uk

Anmerkungen und Literaturhinweise

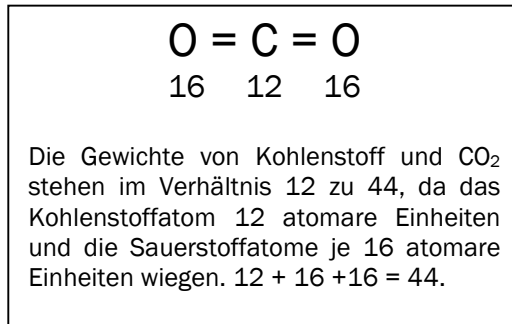
Hier am Ende des Kapitels sammle ich zusätzliche Details von Ideen aus dem Text, Quellenangaben zu Daten und Zitaten, und Hinweise für weiterführende Informationen.

Seite

- 2 „...Diese Koalition erhöht die Klimaschutzziele: 80 bis 95 Prozent bis 2050.“ ♦Die Zitate sind aus den Protokollen des Deutschen Bundestages, 63. Sitzung vom 1. Oktober 2010, www.bundestag.de
- 2 Jonathon Porritt ◦(März 2006). *Is nuclear the answer?* Section 3. Advice to Ministers. www.sd-commission.org.uk
- 3 „Atomkraft ist eine Goldgrube“ oder „Wir haben große Mengen an Wellen und Wind“ “Nuclear is a money pit”, “We have a huge amount of wave and wind.” Ann Leslie, Journalistin, in einem Bericht über *Any Questions?*, Radio 4, 10. Februar 2006. ♦Siehe dazu auch „Auf etwa eine Million Euro Gewinn schätzt Lutz Mez von der Forschungsstelle für Umweltpolitik der Freien Universität Berlin den Gewinn, den ein abgeschriebener Meiler abwirft - pro Tag.“ www.sueddeutsche.de, Juli 2009 [3m9pf67] .
- 3 „Die Einwohner von Los Angeles fahren täglich ... von der Erde zum Mars“ ◦The Earthworks Group, 1989, Seite 34.
- 3 targetneutral.com verlangt £4 pro Tonne CO₂ für deren Neutralisation. (Eine signifikant kleinere Zahl als alle anderen „Absolutions“-Unternehmen, die ich kenne.) Zu diesem Preis könnte der Durchschnittsbürger seine 11 Tonnen jährlich durch Zahlung von 44€ neutralisieren! Ein Hinweis darauf, dass BP’s Neutralisation nicht aufgeht, ist die Tatsache, dass das Projekt nicht nach dem Gold Standard www.cdmgoldstandard.org (Michael Schlup, persönliche Mitteilung) zertifiziert wurde. Viele CO₂-Absolutionsprojekte wurden von Fiona Harvey in der *Financial Times* [2jhve6] als wertlos eingestuft.
- 4 „Offshore-Windparks können die gesamten Haushalte Englands mit Strom versorgen“, Ende 2007 erklärte die britische Regierung, sie würde den Bau von Windturbinen genehmigen „genug um alle britischen Haushalte zu versorgen“. Nick Rau von der Kampagne “Friends of the Earth” begrüßte diese Aussage. “Die mögliche Leistung, die durch diese Industrie erzeugt werden kann, ist gigantisch“ sagte er [25e59w]. “*The Guardian*” [5o7mxk]: John Sauven, der Executive Director von Greenpeace, sagte, diese Pläne würden eine “Windenergie-Revolution” einläuten, und die Labour-Partei müsse nun von ihrer Vorliebe für Atomkraft Abschied nehmen, denn diese „könnte die Emissionen auch nur um 4% reduzieren, und das auf lange Sicht in ferner Zukunft.“ Nick Rau meinte: “Wir freuen uns, dass die Regierung nun ernst macht mit der Offshore-Windkraft, die bis 2020 25% der Elektrizität Englands (UK) produzieren könnte.“ Einige Wochen später gab die Regierung bekannt, dass sie den Neubau von Kernkraftwerken genehmigt hätte. “Die heutige Entscheidung für eine neue Generation von Kernkraftwerken ... wird recht wenig beitragen, um die Klimaveränderung zu vermeiden”, warnten nun die “Friends of the Earth” [5c4olc]. Tatsächlich lagen beide geplanten Kapazitäts-erweiterungen – Wind und Kernkraft – bei derselben Gesamtleistung pro Jahr. Die gesamte genehmigte Offshore Windleistung von 33GW (Peak) hätte an die 10GW pro Jahr produziert (4 kWh/d/p); und der Ersatz der alten Reaktoren hätte 10GW pro Jahr produziert (4 kWh/d/p). Im selben Atemzug erklärten Kernkraftgegner, dass die Kernkraft-Option „wenig beitrage“, wogegen die Windkraft-Option „alle Haushalte versorgen könne“. In der Tat ist „alle Haushalte versorgen“ und „Emissionsreduktion um 4%“ das gleiche.

- 4 das „wasser-betriebene Auto“ *New Scientist*, 29th July 2006, p. 35. Dieser Artikel mit der Überschrift “Wasser-betriebenes Auto könnte ab 2009 verfügbar sein,” eröffnete: “Vergessen Sie Autos, die mit Alkohol oder Speiseöl fahren. Nicht mehr lange und Sie betreiben Ihr Auto mit nichts anderem als Wasser im Treibstofftank. Das wäre das ultimative Null-Emissions-Fahrzeug. Obwohl Wasser auf den ersten Blick keine offensichtliche Energiequelle ist, hat es einen entscheidenden Vorteil: Es ist eine schier unerschöpfliche Quelle von Wasserstoff, einem Element, das weithin als der Grüne Treibstoff der Zukunft bezeichnet wird.” Das Projekt, das der *New Scientist* beschrieb war keinesfalls lächerlich – es ging der Tat um ein Auto mit Bor als Treibstoff, mit einer Bor/Wasser Reaktion als einen der ersten chemischen Schritte. Warum nur fühlte sich der *New Scientist* genötigt, das in den plakativen Aufhänger „Wasser ist Treibstoff“ umzudrehen? Wasser ist kein Treibstoff. War es nie und wird es nie sein. Es ist bereits verbrannt! Das erste Gesetz der Thermodynamik sagt, das man keine Energie aus dem Nichts erschaffen kann; man kann nur Energie von einer Form in eine andere verwandeln. Die Energie in jeder Maschine muss irgendwo her kommen. Fox News verkaufte eine noch absurdere Story [2fztd3].
- 4 Klimawandel „eine größere Bedrohung als der Terrorismus“ – Climate change is a far greater threat to the world than international terrorism. Sir David King, Chief Scientific Advisor der UK Regierung, Januar 2004. [26e8z]
- 5 Fig. 1.2. Quelle: EIA und BP: statistical review of world energy.
- 6 die erste funktionierende Dampfmaschine. Tatsächlich beschrieb bereits Hero von Alexandrien eine Dampfmaschine, doch da in den darauffolgenden 1600 Jahren niemand diese Maschine baute, halte ich Savery’s Erfindung von 1698 für die erste machbare Dampfmaschine.
- 6 Fig. 1.4 und 1.7: Graph der Kohlendioxid-Konzentration. Daten zusammengetragen von Keeling and Whorf (2005) (Messungen für 1958–2004); Neftel et al. (1994) (für 1734–1983); Etheridge et al. (1998) (1000–1978); Siegenthaler et al. (2005) (950–1888 AD) und Indermuhle et al. (1999) (11 000 bis 450 Jahre vor heute). Der Graph sollte nicht verwechselt werden mit dem “Hockeyschläger-Graphen” der globalen Temperatur. Dem aufmerksamen Leser wird nicht entgangen sein, dass das angeführte Klimawechsel-Argument die historischen Temperaturen nicht verwendet. Fig. 1.5–1.7: Kohleproduktion, Werte von Jevons (1866), Malanima (2006), Netherlands Environmental Assessment Agency (2006), National Bureau of Economic Research (2001), Hatcher (1993), Flinn and Stoker (1984), Church et al. (1986), Supple (1987), Ashworth and Pegg (1986). Jevons war der erste “Peak Oil” Autor. Im Jahr 1865 schätzte er Englands leicht-abzubauende Kohlereserven ab, warf einen Blick auf die Geschichte exponentiellen Wachstums und sagte das Ende des exponentiellen Wachstums und der britischen Führerschaft in der Weltwirtschaft voraus: “Auf lange Sicht können wir unsere gegenwärtige Zuwachsrate des Konsums nicht aufrecht erhalten...die Rechnung für unseren Fortschritt muss sich innerhalb eines Jahrhunderts von jetzt an zeigen...die Schlussfolgerung ist unvermeidlich, dass unser gegenwärtiges glückliches Wachstum eine Sache von beschränkter Dauer ist.” Jevons hatte Recht. Innerhalb eines Jahrhunderts erreichte die britische Kohleproduktion ihren Höhepunkt, und es gab zwei Weltkriege
- 10 Dominic Lawson, Mein Zitat bezieht sich auf Dominic Lawson’s Kolumne im *Independent*, 8. Juni 2007. Es ist kein wörtliches Zitat. Ich habe die Worte verkürzt und dabei genau darauf geachtet, keinen der Fehler zu korrigieren. Alle drei Zahlen, die er verwendet, sind falsch. Im einzelnen: Erstens sagt er CO₂, nennt aber Werte

für Kohlenstoff: Verbrennen fossiler Brennstoffe bläst 26 Gigatonnen CO₂ in die Atmosphäre (nicht 7 Gigatonnen), ein verbreiteter Fehler. Zweitens behauptet er, die Ozeane würden 36.000 Gigatonnen Kohlenstoff jährlich in die Atmosphäre abgeben. Das ist ein viel schwerwiegenderer Fehler: 36.000 Gigatonnen ist die Gesamtmenge von Kohlenstoff im Ozean! Der jährliche Strom



ist viel kleiner: etwa 90 Gigatonnen Kohlenstoff pro Jahr (330 GtCO₂/y), nach den Standarddiagrammen des Kohlenstoffzyklus [16y5g] (Ich glaube, dass diese 90 GtC/y die theoretische Flussrate sind, wenn man die CO₂-Konzentration der Atmosphäre auf Null setzt) In gleicher Weise sind seine "1900 Gigatonnen" Strom von der Biosphäre in die Atmosphäre falsch. Der richtige Wert nach den Standard-Diagrammen liegt bei etwa 120 Gigatonnen Kohlenstoff pro Jahr (440 GtCO₂/y). Zufällig liegt der beobachtete Anstieg der CO₂-Konzentration etwa da, wo man ihn erwartet, wenn man annimmt, dass menschliche Emissionen von CO₂ in der Atmosphäre verbleiben. Von 1715 bis 2004 sind etwa 1160 GtCO₂ durch fossile Verbrennung und Zementproduktion in die Atmosphäre freigesetzt worden (Marland et al., 2007). Würde all dieses CO₂ in der Atmosphäre verbleiben, wäre ein Anstieg von 160 ppm (von 280 auf 440 ppm) erwartet. Der aktuell gemessene Anstieg liegt bei etwa 100 ppm (von 275 auf 377 ppm). Also ist etwa 60% dessen, was emittiert wurde, jetzt in der Atmosphäre, 40% wurde im natürlichen Kreislauf abgebaut.

- 10 ist dieser Faktor Mensch vermutlich auch signifikant. ♦Für eine signifikante Änderung muss das natürliche Gleichgewicht der letzten tausend Jahre, der gesamte natürliche Fluss von CO₂ in die und aus der Atmosphäre, durch den vergleichsweise kleinen menschlichen Anteil so nachhaltig gestört sein, dass eine natürliche Kompensation nicht zu erwarten ist. Oder um in unserem Beispiel zu bleiben: Wenn nur ein Teil der Abfertigungsbeamten wegen des zusätzlichen Ansturms die Pinkelpause verkürzen oder das Arbeitstempo um ein paar Prozent steigern würde, wird die Verlängerung der Warteschlange nicht stattfinden oder jedenfalls nicht so dramatisch wie in erster Betrachtung vielleicht erwartet. Über die dem globalen CO₂-Kreislauf zu Grunde liegenden Mechanismen und Gesetzmäßigkeiten ist noch zu wenig bekannt, als dass es gesicherte Aussagen gäbe, in welchem Ausmaß eine Kompensation zu erwarten ist. Siehe hierzu auch die vorige Endnote, wo die Kompensation auf 40% abgeschätzt wird. Dass irgendeine Kompensation stattfindet, scheint ziemlich sicher aber sie könnte entweder a) nahezu vernachlässigbar gering sein, oder aber b) nahezu den gesamten zusätzlichen CO₂-Eintrag kompensieren. Sogar eine Überreaktion des Systems als Antwort auf eine kleine Störung ist denkbar. Siehe dazu auch Kapitel 31.

Ähnlich ist die Situation bei der Reaktion des Klimas auf eine CO₂-Erhöhung. Der Temperaturanstieg könnte zu kompensierend wirkenden Effekten führen, oder aber zu verstärkenden. Die meisten Klimamodelle gehen von verstärkenden Effekten aus, etwa weil abschmelzendes Eis die Reflexionsfähigkeit der Erde gegenüber Sonneneinstrahlung verringert und so zu weiterer Erwärmung führt. Andere Forschungsergebnisse legen nahe, dass auch hier Kompensationseffekte dominieren könnten, vgl. etwa Lindzen und Choi (2009) [5uqeorp] oder [5rpc4th].

- 11 CO₂ hat also einen wärmenden Effekt. °Die über-emotionalisierte Debatte darüber ist etwas ermüdend, oder? „Die Wissenschaft hat sich festgelegt“ „Nein, hat sie

nicht“ „Doch, hat sie!“ Wer aus diesem Hin-und-Her ausbrechen will, dem empfehle ich einen kurzen Report von Charney et al. (1979). Die Ergebnisse dieses Reports sind gewichtig, weil die National Academy of Sciences (das US-Äquivalent der Royal Society) den Report in Auftrag gab und die Autoren nach Expertise auswählte und „unter Berücksichtigung angemessener Ausgewogenheit“. Die Expertengruppe wurde unter der Schirmherrschaft des Climate Research Board of the National Research Council gebildet, um eine wissenschaftliche Basis zur Prognose zukünftiger durch menschlichen CO₂-Ausstoß in die Atmosphäre bedingter Klima-Veränderungen zu schaffen. Sie wurden insbesondere gebeten, „die prinzipiellen Prämissen unseres derzeitigen Verständnisses dieser Fragestellung zu identifizieren“, „die Angemessenheit und die Unsicherheit unseres Wissens über diese Faktoren und Prozesse quantitativ zu bestimmen“ und „in klaren und objektiven Aussagen unser bestes derzeitiges Verständnis des Kohlendioxid-Klima-Problems zusammenzufassen, so dass es für Politiker hilfreich ist.“ Der Report umfasst nur 33 Seiten, er ist frei downloadbar [5qfkaw], und ich kann ihn nur empfehlen. Er zeigt klar, welche Teile der Wissenschaft bereits 1979 festgelegt waren, und wo noch Unsicherheit bestand. Das sind die Hauptpunkte, die ich diesem Bericht entnommen habe: Erstens: Verdopplung des atmosphärischen CO₂ würde die Nettoerwärmung der Troposphäre, der Ozeane und der Landmassen um eine mittlere Leistung von 4 W/m² erhöhen, wenn alle weiteren Eigenschaften der Atmosphäre unverändert bleiben. Dieser Heizeffekt kann mit der mittleren Leistung verglichen werden, die Atmosphäre, Land und Ozeane absorbieren, das sind 238 W/m². Verdopplung des CO₂ ist also äquivalent zu einer Erhöhung der Sonnenintensität um $4/238 = 1,7\%$. Zweitens: Die Konsequenzen dieser CO₂-induzierten Aufheizung sind wegen der Komplexität des Atmosphäre-Ozean-Systems schwer vorhersagbar, doch vermuten die Autoren eine globale Oberflächenerwärmung zwischen 2°C und 3,5°C, mit größeren Anstiegen bei höheren Breitengraden. Am Schluss fassen die Autoren zusammen: „Wir haben es versucht, doch wir sind nicht in der Lage, irgendwelche übersehenen oder unterschätzten physikalischen Effekte auszumachen, die die aktuell abgeschätzte globale Erwärmung bei Verdopplung des atmosphärischen CO₂ auf vernachlässigbare Proportionen reduzieren oder sie insgesamt umkehren könnte.“ Dank der Ozeane, „dem großen und gewichtigen Schwungrad des globalen Klimasystems“, könnte die Erwärmung so schleppend einsetzen, dass sie in den nächsten Jahrzehnten schwierig festzustellen sein wird. Dennoch wird „die Erwärmung schließlich auftreten und die regionalen Klimaveränderungen könnten durchaus signifikant sein“. Das Vorwort des Vorsitzenden des Climate Research Board, Verner E. Suomi, fasst die Folgerungen in einer famosen Kaskade doppelter Verneinungen zusammen: “Wenn Kohlendioxid weiterhin ansteigt, findet die Forschungsgruppe keinen Grund zu bezweifeln, dass dies zu Klimaveränderungen führt und keinen Grund zu glauben, dass diese vernachlässigbar sein werden.”

- 11 die ganze Litanei möglicher drastischer Effekte herunterbeten, Sie haben sicher davon bereits vieles gehört. Falls nicht, vgl. [2z2xg7] .
- 12 Abbildungen zur Aufschlüsselung der Treibhausgasemissionen nach Regionen und Ländern Daten von: Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 4.0. Washington, DC:World Resources Institute, 2007). Die ersten drei Diagramme zeigen landesweite Summen der sechs wesentlichen Treibhausgase (CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆), ohne Beiträge aus Flächenverbrauch und Fortwirtschaft. Die Abbildung auf Seite 14 zeigt nur kumulative Emissionen von CO₂.

- 14 **gleich hinter USA und England** Eine aufrichtige Entschuldigung an dieser Stelle an Luxemburg, dessen historische Pro-Kopf-Emissionen tatsächlich die von Amerika und England übersteigen, doch fand ich, das Siegertreppchen sollte nur solchen Ländern zugänglich sein, die große Pro-Kopf- und zugleich große Gesamtemissionen haben. Nach Gesamtemission – historisch – führen die USA (322 Gt CO₂), gefolgt (in dieser Reihenfolge) von Russland (90 Gt CO₂), China (89 Gt CO₂), Deutschland (78 Gt CO₂), England(UK) (62 Gt CO₂), Japan (43 Gt CO₂), Frankreich (30 Gt CO₂), Indien (25 Gt CO₂) und Kanada (24 Gt CO₂). Die Pro-Kopf-Reihenfolge ist: Luxemburg, USA, England, Tschechien, Belgien, Deutschland, Estland, Qatar und Kanada.
- 14 **eine mindestens 60%ige Reduktion der Treibhausgase bis 2050 zugesichert.** Während der Erstellung dieses Buches wurde Englands Zusage auf 80% Reduktion relativ zum Wert von 1990 erhöht.
- 14 **Fig.1.8.** Im unteren Szenario liegt das Risiko einer Erwärmung um mehr als 2°C bei geschätzten 9–26%; die kumulative Kohlenstoffemission von 2007 an ist 309 GtC; CO₂-Konzentrationen erreichen ein Maximum von 410 ppm, CO₂e-Konzentrationen bei 421 ppm und im Jahr 2100 fallen die CO₂-Konzentrationen zurück auf 355 ppm. Im oberen Szenario liegt das Risiko einer Erwärmung um mehr als 2°C bei 16–43%; die kumulativen Kohlenstoffemissionen ab 2007 sind 415 GtC; CO₂-Konzentrationen erreichen ein Maximum von 425 ppm, CO₂e-Konzentrationen von 435 ppm, und im Jahr 2100 fallen die CO₂-Konzentrationen zurück auf 380 ppm. Siehe auch hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2007-2008/.
- 16 **interessante Quellen im Internet** Beispielsweise: BP's *Statistical Review of WorldEnergy* [yyxq2m], the Sustainable Development Commission www.sd-commission.org.uk, the Danish Wind Industry Association www.windpower.org, Environmentalists For Nuclear Energy www.ecolo.org, Wind Energy Department, Risø University www.risoe.dk/vea, DEFRA www.defra.gov.uk/environment/statistics, speziell das Buch *Avoiding Dangerous Climate Change* [dzcqq], das Pembina Institute www.pembina.org/publications.asp, und das DTI (jetzt bekannt als BERR) www.dti.gov.uk/publications/.
- 17 **faktische Aussagen mit ethischen Aussagen vermischen.** Ethische Aussagen heißen auch „Normative Aussagen“ oder „Werturteile“, und faktische Aussagen auch „Positive Aussagen“. Ethische Aussagen enthalten üblicherweise Verben wie „sollen“ oder „müssen“ und Adjektive wie „gerecht“, „richtig“ oder „falsch“. Hilfreiches Material bietet dazu Dessler and Parson (2006).