

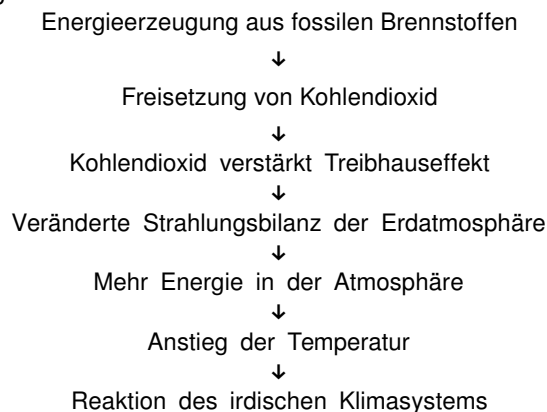


Michael Bockhorst

► Klimawandel und Energie

Was hat der Klimawandel mit Energie zu tun? Klar, unsere Energienutzung hat etwas damit zu tun. Irgendwo tauchen Treibhausgase auf, da spielt wohl das Kohlendioxid eine Rolle. Und das hat irgendetwas mit den fossilen Brennstoffen zu tun.

So diffus die Erkenntnisse und oftmals die Medienberichterstattung sind, so klar sind die Fakten und die Wirkungskette:



Dieses Dokument beschreibt diese Fakten ausgehend von der Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen bis hin zu den Auswirkungen der Treibhausgasemissionen auf das System Erde.

Umstritten ist letztlich, wann, wie und in welchem Ausmaß das Klimasystem Erde auf die veränderte Kohlendioxid-Konzentration der Atmosphäre reagiert. Genauso ist nicht genau geklärt welche anderweitigen Veränderungen wie stark auf die Strahlungsbilanz im System Erde wirken – aber diese Auswirkungen können wenigstens in ihrer Größenordnung beschrieben und eingestuft werden.

COPYRIGHT STATEMENT:

Dieses Material ist urheberrechtlich geschützt und darf nur in den Grenzen des Urheberrechtsgesetzes genutzt werden.
Jegliche Zuwiderhandlung kann strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

► Klima und Wetter

Die Begriffe Klima und Wetter sind in dem, was sie beschreiben, strikt voneinander zu trennen, dennoch sind sie untrennbar voneinander abhängig. Einige Definitionen sollen Ihnen helfen, die Begriffe richtig zu verstehen und anzuwenden.

Das *Klima* z.B. einer Region wird durch die über Jahrzehnte oder Jahrhunderte *gemittelten* Werte der Temperatur, Niederschlagsmenge, Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Sonnenstrahlung, usw. beschrieben.

Das *Wetter* ist das Sammelsurium *aktueller* Werte von Temperatur, Niederschlag, Windeigenschaften, Sonnenstrahlung etc., welches zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort gemessen wurde.

Aber Klima und Wetter stehen in einer intensiven Abhängigkeit: Klima ist gemitteltetes Wetter, Wettererscheinungen werden durch das Klima bestimmt. Dies führt dazu, dass beide Begriffe oft durcheinandergeworfen werden und die falschen Schlüsse gezogen werden. So kann ein *einmalig aufgetretener* Starkniederschlag eine Variation des bestehenden Klimas sein, er kann aber genauso ein Vorbote eines sich verändernden Klimas sein.

Man sollte sich immer vor Augen halten, dass Wetterdaten erst seit gut 100 Jahren systematisch erhoben werden. Die weltumspannende Messung konnte sogar erst durch Satelliten optimiert werden, aber selbst diese Messungen, die seit den 1970er Jahren zunehmend genauer durchgeführt werden konnten, lassen noch vieles offen. So gibt es – abgesehen von Messungen amerikanischer U-Boote während des kalten Krieges – keine zuverlässigen Daten über die Dickenänderung des arktischen Eisschildes. Das Scheitern der ersten CRYOSAT-Mission (10/2005) hat einen weiteren Aufschub dieser elementar wichtigen Beobachtungen verursacht – die Tatsache, dass CRYOSAT II in 03/2009 gestartet werden soll, zeigt die Bedeutung dieser Mission.

► Am Tropf der fossilen Energieträger

Die Weltenergieversorgung hängt zu 85 Prozent am Tropf der fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas, die allesamt das Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) bei ihrer Verbrennung freisetzen. Bezogen auf die freigesetzte Energiemenge setzt Kohle am meisten CO₂ frei, Erdöl und Erdgas setzen deutlich weniger CO₂ frei. Die restlichen 15 Prozent der Primärenergie werden durch Wasser- und Kernkraftwerke sowie durch Biomasse-Nutzung bereitgestellt.

Fossile Energieträger sind aus vielen Gründen sehr attraktiv:

- sie lassen sich einfach gewinnen,
- ihre Verarbeitung zu Endenergien – Briketts, Diesel,

- Kerosin, Gas – ist einfach zu bewältigen,
- die Energiedichte der Energieträger ist hoch,
- ihre Nutzung verursacht nur wenige lokale, sichtbare Auswirkungen

Die Kombination dieser Eigenschaften macht fossile Energieträger so attraktiv. Vergleicht man den Energieinhalt eines Bleiakkus mit dem von Benzin, so kann man folgendes feststellen: Ein Bleiakku von 50 Kilogramm Gewicht enthält etwa so viel Energie wie 50 Milliliter, also 40 Gramm Benzin. Die Energiedichte von Benzin ist, auf die Masse bezogen, *tausendfach* höher als die eines Bleiakkus – dies erklärt, warum bis heute das fossile Erdöl Basis nahezu aller Kraftstoffe ist.

Wie steht es mit den Alternativen?

- **Biomasse:** Die Produktion von Biomasse für energetische Anwendungen benötigt große und hochwertige Agrarflächen. Ein Anteil von Biokraftstoffen von weit über 10 Prozent ist bei den heute verfügbaren Techniken kaum realistisch.
- **Wind & Photovoltaik:** Ein Anteil von 10 Prozent ist realistisch, ein weiterer Ausbau hängt von Stromspeichern oder einem globalen Verbundnetz ab – beide komplementären Techniken sind nicht verfügbar/politisch nicht durchsetzbar.
- **Wasserkraft:** Ein weiterer Ausbau darf nur unter strikten ökologischen Kriterien erfolgen – das zusätzliche Potential ist unter diesem Gesichtspunkt gering.
- **Ausbau Kernenergie:** Die Sicherheit beim Umgang mit den Brennstoffen und die Endlagerungsproblematik sprechen dafür, Kernenergie nur als Notfallmaßnahme bei einem zu schnell fortschreitenden Klimawandel zu nutzen.
- **Kernfusion:** Extreme Großtechnologie, die frühestens Mitte des Jahrhunderts verfügbar sein dürfte, wenn überhaupt.

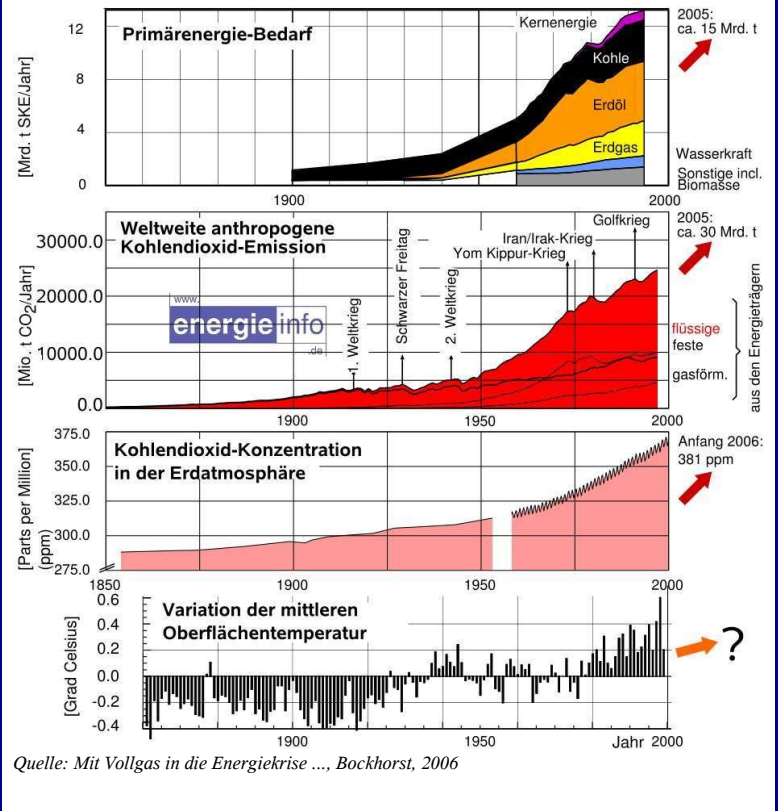
Alle diese Punkte sprechen dafür, dass die Attraktivität der fossilen Brennstoffe auch bis auf weiteres ungebrochen bleibt.

► Kohlendioxid aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe – und die Folgen

Wie kann man den Zusammenhang zwischen der Verbrennung fossiler Brennstoffe und den daraus resultierenden Kohlendioxid-Emissionen veranschaulichen? Indem man den „Verbrauch“ an fossilen Brennstoffen mit den daraus resultierenden Kohlendioxid-Emissionen und den Konzentrationsänderungen der Erdatmosphäre vergleicht. Fügt man in diesen Vergleich auch die Entwicklung der globalen Mitteltemperatur ein, erkennt man die Zusammenhänge.

Bildbox 1 zeigt die Grafiken zu den energiebedingten

Bildbox 1: Fossile Brennstoffe, CO₂-Emissionen und Folgen



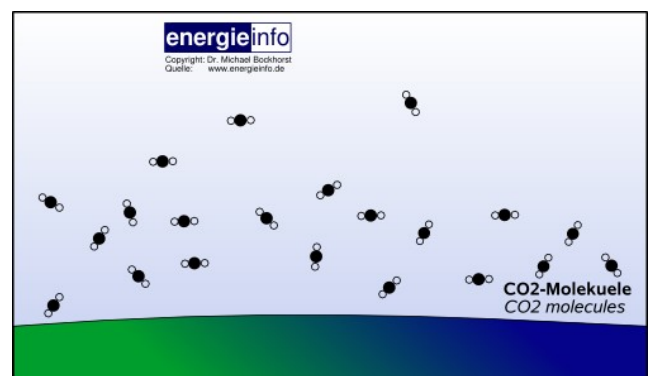
Kohlendioxid-Emissionen, dem gleichlaufenden Anstieg der atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentration und die Temperaturvariationen des gleichen Zeitraums. Diese Grafiken lassen kaum einen Zweifel zu, dass *der Mensch* die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid in der Erdatmosphäre wesentlich beeinflusst.

Nun gibt es offene Fragen:

- Warum erhöht eine höhere Konzentration an Kohlendioxid die Temperatur? Oder: Wie funktioniert der Treibhauseffekt?
- Kann eine so geringe Temperaturerhöhung nennenswerte, sogar katastrophale Folgen haben?

► Treibhauseffekt – Schritt für Schritt

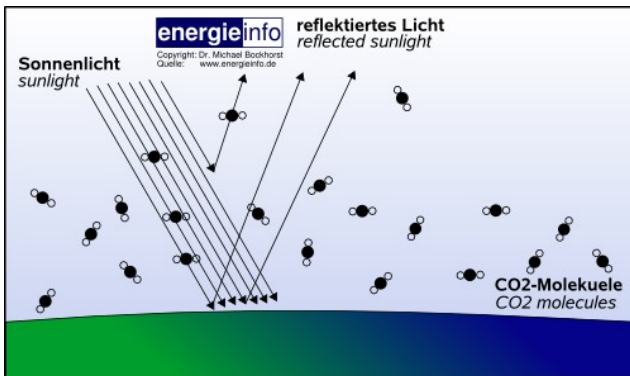
■ Treibhausgase in der Atmosphäre:



In der Erdatmosphäre befinden sich verschiedene chemische Verbindungen: knapp 80 Prozent Stickstoff, knapp 20 Prozent Sauerstoff und Spurengase. Dazu gehört z.B. das Kohlendioxid (CO₂), welches

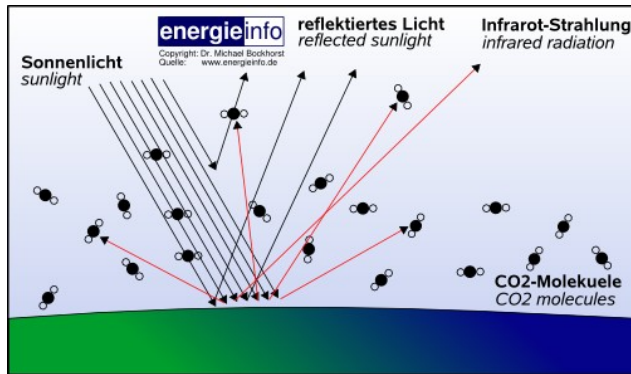
hier als kleine Molekülsymbole gezeigt wird. Kohlendioxid hat heute eine Konzentration von 0.039 Prozent oder in anderen Einheiten 390 ppm (Parts per Million). 1 Kubikmeter Luft enthält etwa 1 großes Trinkglas voll an Kohlendioxid.

■ Sonnenlicht gelangt auf die Erde:



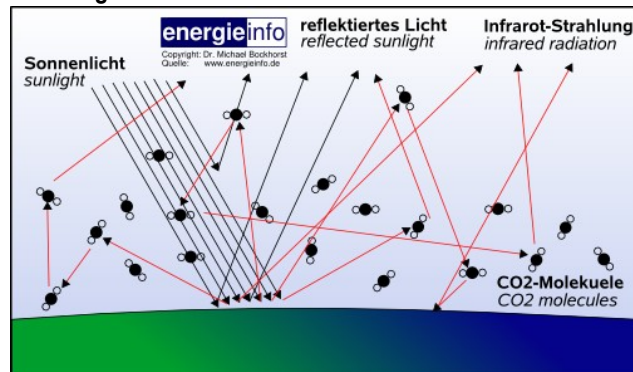
Licht gelangt von der Sonne auf unseren Planeten. Dort wird es z.B. von Wolken, Eisflächen oder Pflanzen teilweise reflektiert und wieder in den Weltraum zurückgestrahlt. Die Atmosphäre ist für Sonnenlicht, dargestellt durch schwarze Pfeile, sehr durchlässig.

■ Infrarotstrahlung: Rolle des CO₂



Licht, welches auf Land- und Meeresflächen absorbiert wird, erwärmt diese. Diese Flächen strahlen wiederum Infrarotstrahlung ab. Stickstoff und Sauerstoff lassen diese Strahlung gut durch, Kohlendioxid und andere Treibhausgase absorbieren jedoch diese Infrarotstrahlung.

■ Strahlungsbilanz – Nettoeffekt = Null!



Die Infrarotstrahlung, die auf dem vorhergehenden Bild noch von vielen Kohlendioxid-Molekülen absorbiert wurde, wird letztendlich auch in den Weltraum abgestrahlt.

Der eingehende Energiefluß des Sonnenlichtes ist gleich der Summe der Energieflüsse der reflektierten Sonnenstrahlung und der abgestrahlten Infrarot-Strahlung.

Die längere Verweildauer der Infrarotstrahlung in der Atmosphäre bedeutet, dass mehr Energie vorhanden ist. Mehr Energie in einem System, welches ansonsten nicht verändert wurde, geht mit einer erhöhten *Temperatur* einher. Der Treibhauseffekt alleine führt daher *zwangsläufig zu höheren Temperaturen!*

► Temperatur als wichtiger Parameter

Die Temperatur ist ein bedeutender Parameter für das System Erde. Mit veränderten Temperaturen ändern sich auch Ökosysteme.

Zunächst ist zu bemerken, dass kleine Temperaturunterschiede von einem halben oder einem Grad eher harmlos wirken. Aber viele Prozesse des Klimas, aber auch aller Organismen sind genau auf die ihnen zur Verfügung stehende Energie abgestimmt, weshalb kleine Änderungen der Temperatur große Auswirkungen haben.

Das wichtigste Treibhausgas, welches natürlicherweise in der Atmosphäre vorhanden ist, ist der Wasserdampf, also „gasförmiges Wasser“. Die Verdunstung von Wasser hängt *exponentiell* von der Temperatur ab – schon eine kleine Temperaturänderung führt zu einer starken Änderung der Wasserdampfkonzentration und damit des Treibhauseffektes. Allerdings kann mehr Wasserdampf auch dazu beitragen, dass mehr Wolken entstehen und durch die Abschattung der Erde den Strahlungseintrag verringern. Bis heute ist nicht genau klar, wie dieser Mechanismus wirkt und ob in der Bilanz eine Erwärmung, Stabilisierung oder Abkühlung stattfindet. Aber: Jede Erhöhung der CO₂-Konzentration führt zwangsläufig zu einer Erhöhung des Energiegehalts in die Atmosphäre und verändert weitere Parameter des Systems Erde.

Die in der Bildbox 1 gezeigten Temperaturänderungen sind *im Mittelwert* sehr gering. Aber es werden lokal viel größere Temperaturänderungen beobachtet.

► Kleiner Temperaturunterschied und große Wirkung durch positive Rückkopplungen

Selbst geringe Temperaturänderungen können große Auswirkungen haben, besonders dann, wenn Schwellen überschritten werden.

Eine besonders interessante Schwelle liegt bei 0 Grad Celsius, also bei der Temperatur, bei der Wasser seinen Aggregatzustand zwischen der festen und der flüssigen Form wechselt. Ein Beispiel ist der arktische Eisschild. Steigt die Temperatur nur geringfügig, so wird an den Rändern des Eisschildes die jahreszeitliche Eisbildung

reduziert oder sogar Eis geschmolzen. Dadurch wird die Wasserfläche größer. Wasser absorbiert jedoch Licht viel stärker als die weißen Eisflächen und kann sich dadurch stärker erwärmen.

Nicht nur geologisch-physikalische Effekte lassen sich bereits durch geringe Temperaturunterschiede erzeugen. Kleine Temperaturänderungen ermöglichen es bestimmten Organismen vom Einzeller bis zum Säugetier, neue Lebensräume zu erschließen. Dies ist gleichbedeutend mit einem veränderten *Artenspektrum* in einem bestimmten Lebensraum. Schädlinge wandern schneller als ihre Fressfeinde in neue Gebiete und können dadurch massive Schäden anrichten.

Aber auch innerhalb von Lebensgemeinschaften, die bezüglich ihres Artenspektrums stabil bleiben, können Änderungen stattfinden: Richtet sich eine Art nach der Temperatur, eine andere Art nach dem Sonnenstand, verschieben sich Zeitrhythmen gegeneinander. Die temperaturabhängige Art, etwa eine Fliegen-Larve, wird z.B. früher schlüpfen. Eine Vogelart, die für die Nachkommenschaft auf diese Futterquelle angewiesen ist, richtet ihr Brutverhalten z.B. nach dem Sonnenstand, brütet also zur gleichen Zeit wie bisher. Dadurch besteht die Gefahr, dass die zur Aufzucht der Nachkommen notwendigen Fliegen-Larven sich längst verpuppt haben und die Jungvögel nicht ausreichend ernährt werden können.

► Klimamodelle – Leistungen und Fehlleistungen

Aus den genannten Effekten der Temperaturerhöhung, aber auch unter Einschluss vieler anderer Parameter sowie Abhängigkeiten werden mit sogenannten Klimamodellen Vorhersagen über die Entwicklung des Erdklimas erstellt.

Grundsätzlich zeichnen sich Modelle dadurch aus, dass sie immer einen oder mehrere *Teilaspekte* der Wirklichkeit abbilden. Modelle können daher die Realität nicht vollständig beschreiben! Insofern ist – was die Gültigkeit, zumindest jedoch die Genauigkeit der Modelle angeht – Vorsicht bei der Nutzung ihrer Aussagen ange-sagt.

Dennoch sind Klimamodelle von äußerster Wichtigkeit, denn sie erlauben die *Abschätzung* der zukünftigen Entwicklung der klimatischen Verhältnisse. Auch wenn die Ergebnisse verschiedener Modelle auseinanderliegen, so ist die gemeinsame Grundtendenz, nämlich die fortschreitende Erwärmung der Erdoberfläche und -atmosphäre nach heutigem Stand praktisch unstrittig.

Offen ist allerdings, wie stark sich die *Erwärmung* auf das Klima der Erde auswirkt. Dazu kommen weitere Wirkungen einer Temperaturänderung, etwa auf das Artenspektrum von Ökosystemen oder den Wasserhaushalt ganzer Kontinente.

Modelle sind immer unvollständig. Der folgende Abschnitt soll einen kleinen Überblick über die heute diskutierten Effekte auf das und die Wechselwirkungen im

Klimasystem unseres Planeten geben. Viele dieser Effekte sind noch nicht oder nur unvollständig in den heutigen Modellen erfasst.

► Effekte im Klimasystem der Erde

Die im folgenden aufgelisteten Effekte sind eine Auswahl der heute bekannten Abhängigkeiten. Ihre Wirkmechanismen werden vorgestellt und der Erkenntnisstand kurz beschrieben:

Global Dimming: Auf deutsch „Globale Verdunklung“ genannt, bezeichnet die Abschwächung des auf die Erde treffenden Lichtes durch Aerosole und andere Partikel. Diese Aerosole/Partikel werden bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe (und von Biomasse) erzeugt. Massive Anstrengungen der Luftreinhaltung in Japan (Ende der 1970er) und weltweit seit Anfang der 1980er Jahre haben diesen Effekt verringert. Dazu gehören Rauchgasreinigungsanlagen für Kohlekraftwerke, der Einsatz von Katalysatoren, Rußfiltern und schwefelarmen Kraftstoffen sowie übergreifend die Verbesserung der Verbrennungstechniken.

Es wird vermutet, dass das Global Dimming, von 1950 bis 1980 stark zunehmend, den Treibhauseffekt bis in die 1990er Jahre maskiert hat. Seit Beginn der 1980er Jahre haben die Maßnahmen der Luftreinhaltung zu einer deutlichen Senkung der Aerosol-Konzentration in der Atmosphäre geführt, was mit der (siehe dazu auch Bildtafel 1) seit Beginn der 1990er Jahre deutlich zunehmenden globalen Mitteltemperatur zusammenfällt.

Ein Beweis, ob diese beiden Beobachtungen zusammenhängen, steht noch aus.

Kondensstreifen: Der stark zunehmende Flugverkehr hat vor allem in dicht besiedelten Regionen zu einer augenfälligen Veränderung des Himmelsbildes geführt. Kondensstreifen, die aufgrund der Wasserdampf-Emissionen der Flugzeuge in der Stratosphäre entstehen, reflektieren Licht von der Sonne, aber auch Infrarotstrahlung vom Boden. Sie dämpfen Temperaturunterschiede im Tagesgang.

Ob Kondensstreifen in der Bilanz einen kühlenden oder erwärmenden Effekt haben, ist bisher nicht sicher.

Wolkenbildung: Der gemessene Temperaturanstieg führt unweigerlich zu einer Erhöhung der Wasserdampfkonzentration in der Atmosphäre. Dadurch kann der Treibhauseffekt einerseits verstärkt werden, auf der anderen Seite kann die Wolkenbildung verstärkt werden, deren Abschattung des Bodens eine abkühlende Wirkung ausübt.

Es ist bisher nicht bekannt, wie groß der Netto-Beitrag der temperaturbedingten Erhöhung der Wasserdampfkonzentration im Zusammenhang mit der Wolkenbildung ist.

Schwankungen der Sonnenintensität: Dazu gibt es zwei Effekte: Einmal die Intensitätsschwankungen der Emission des *Sonnenlichts* und zum anderen die Schwankung der Intensität, mit der *Elementarteilchen*, die von der Sonne (und anderen Sternen?) auf die Erde treffen. Die Schwankungen der Intensität des Sonnenlichtes können nach heutigen Kenntnissen über den Beobachtungszeitraum die Temperaturänderungen *nicht* erklären.

Die Einflüsse kosmischer (Elementarteilchen-)Strahlung sind jedoch Gegenstand aktueller Untersuchung: Die geladenen Elementarteilchen könnten die Wolkenbildung erheblich beeinflussen.

Zusammenfassend:

Es gibt erheblich Unsicherheiten bei der Erkenntnis der Einzeleffekte, die das Klima im System Erde bestimmen. Da die ineinander verschlungenen Wirkungskomplexe dieser Einzeleffekte um ein vielfaches komplizierter sind als die Effekte selbst, muss man zu folgendem Schluss kommen:

Die Geschwindigkeit des Erkenntnis-Gewinns über die Zusammenhänge im System Erde ist aller Wahrscheinlichkeit nach deutlich geringer als die Geschwindigkeit, mit der wir das System Erde für uns zunehmend nachteilig beeinflussen.

► Klimawandel, Klimakatastrophen, Klima-GAU

Der *Klimawandel* kann als bestätigt angesehen werden. Es ist nicht vollkommen klar, welchen Anteil der Mensch an den derzeit beobachteten Vorgängen hat, aber unser Anteil ist mit „an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit“ der wesentliche Anteil.

Oft wird undifferenziert von „Klimakatastrophen“ oder „der Klimakatastrophe“ gesprochen. Klimakatastrophen können eintreten, wenn sich selbst verstärkende Entwicklungen angestoßen werden. Das genannte Beispiel zum Abtauen des arktischen Eisschildes ist eine solche positive Rückkopplung mit wahrscheinlich katastrophalen Auswirkungen für Europa, die Ostküste der USA und vielleicht sogar viele andere Regionen: Ein sich verändernder Golfstrom wird viele Regionen beeinflussen, weil sich die Strömungsmuster des Ozeans ändern, aber nachfolgend auch Windströmungen und damit die Niederschlagsverteilungen, die wiederum sehr wichtig für eine funktionierende Landwirtschaft, dadurch für unsere Nahrungsversorgung von essentieller Bedeutung sind.

Der Begriff des *Klima-GAU* bezeichnet den „Größten anzunehmenden Unfall“ um System Erde. Analog zum GAU in einem Kernkraftwerk ist diese Form der globalen Klimakatastrophe äußerst unwahrscheinlich, aber nicht unmöglich. Mit einem gewissen Restrisiko besteht die Gefahr, dass durch den anthropogenen Klimawan-

del das System Erde in einen Zustand gebracht wird, der entweder so chaotisch ist, dass die Wettermuster sich vollkommen verändern und ein Leben auf der Erde in dramatischer Weise erschweren oder aber die einmal angestoßene Erwärmungstendenz schreitet durch viele positive Rückkopplungen in immer schnellerer Weise voran, bis sich das Klimasystem auf einem sehr viel höheren Temperaturniveau von 30, 60 oder 100 Grad Celsius stabilisiert.

Mit *Klimakatastrophen* muss auch nach heutigen Modellen gerechnet werden, ein *Klima-GAU* in der beschriebenen Weise ist nach heutigen Erkenntnissen eher unwahrscheinlich, es ist aber sinnvoll, Klimamodelle auch nach diesen Entwicklungen „abzuklopfen“.

► Die Dimensionen: Emittenten und ihre Anteile am Einfluss

Will man die Treibhausgas-Emissionen wirksam reduzieren, muss man zunächst schauen, aus welchen Quellen sie kommen. Nach heutiger Erkenntnis tragen die drei wichtigsten Treibhausgase folgendermaßen zum Treibhauseffekt bei:

Treibhausgas	rel. Wirk. CO ₂ = 1	Anteil	Quellen
Kohlendioxid (CO ₂)	1	70 %	Energie / Zement / Deponien
Methan (CO ₄)	20-25	20 %	Rinder / Reisanbau / Deponien / Erdgasförd.
Lachgas (N ₂ O)	200-250	10 %	Landwirtschaft (Düngung)

Die *relative Wirksamkeit* gibt an, wie stark die Treibhauswirkung, bezogen auf ein Molekül, ist. So hat eine bestimmte Anzahl an Methan-Molekülen eine 20—25-fach höhere Treibhauswirksamkeit als die gleiche Zahl von Kohlendioxid-Molekülen.

Der *Anteil* am Treibhauseffekt ist auf dieser Basis aus den entsprechenden Mengen der verschiedenen emittierten Gasen berechnet worden.

Die *Quellen* stehen beispielhaft für die Hauptquellen der jeweiligen Treibhausgase.

► Ein Bild zum Ausmaß der Treibhausgas-Emissionen?

Zu dieser Frage soll zunächst folgendes Bild vorgestellt werden: Würde Deutschland seine Kohlendioxid-Emissionen im Land behalten – wäre Deutschland also an seinen Landesgrenzen mit einer Glaswand vom Rest der Welt abgeschlossen – stiege die Kohlendioxid-Konzentration hier jedes Jahr um etwa 150 ppm! Oder in verständlicheren Zahlen: Jeder Deutsche hat im Schnitt etwa 4000 Quadratmeter Landfläche. Die natürliche CO₂-Konzentration ist so hoch, dass, wenn das CO₂

sich am Boden sammeln würde, eine etwa 4 Meter hohe Schicht dieses Gases entstünde. Jedes Jahr packen wir 1.25 Meter darauf!

Wenn wir also nicht unsere CO₂-Emissionen weltweit deponieren würden, wären wir schon vor 70 oder 50 Jahren des Hitzetodes gestorben – oder hätten etwas gegen diesen massiven Missstand getan. Natürlich verteilen sich die CO₂-Emissionen weltweit und der Anstieg der Konzentration ist weitaus langsamer vonstatten gegangen.

Dieses Bild soll zeigen, dass jeder und jede von uns einen Beitrag dazu leistet, dass die Erdatmosphäre in ihrer Zusammensetzung verändert wird. Wir, besonders die Menschen, die in den hochindustrialisierten Ländern leben, sind damit auch verantwortlich für die Folgen unseres Handelns.

► Energienutzung leistet den Hauptbeitrag

Die heutige Form unseres Konsumverhaltens – alles immer sofort – führt zu einem sehr hohen Verbrauch an Energie- und Stoff-Ressourcen. Die intensive Landwirtschaft mit ihrem Bedarf an Reinigungsmitteln trägt zu etwa 10 Prozent zum Treibhauseffekt bei. Die Reis- und Tierproduktion zu 20 Prozent – hier sei auf den nicht angemessenen aber akzeptierten Begriff der *Produktion* hingewiesen.

Zu 70 Prozent, also in der Hauptsache, trägt unser energetischer Lebenswandel zum Treibhauseffekt bei und ist damit die primäre Ursache der Probleme.

In den heutigen Energieversorgungen, besonders denjenigen der hochindustrialisierten Länder, spielen fossile Brennstoffe die dominierende Rolle. Ihre eingangs genannten Vorzüge werden nur von wenigen alternativen Formen der Energienutzung annähernd erreicht.

Neben den klimarelevanten Auswirkungen der Nutzung fossiler Brennstoffe gibt es weitere Risiken und Nebenwirkungen. Die Versorgungssicherheit ist schon alleine aufgrund der beschränkten Menge und der ungleichen Verteilung der fossilen Energierohstoffe ein dauerhaftes Problem. Öl und Gas reichen nicht einmal bis an das Ende dieses Jahrhunderts, auch wenn man alle noch so schwierig zu fördernden Ressourcen ausbeutet. Nur die besonders CO₂-trächtige Kohle reicht noch für zwei oder drei Jahrhunderte. Politisch erzeugte oder wetter-/klimabedingte Versorgungsengpässe können stets auftreten und bergen weitere Risiken für die am Tropf des Öls hängenden Staaten. Dazu kommt, dass die Umweltauswirkungen durch Schwefeldioxid, Stickoxide und Feinstäube längst nicht im Griff sind – sie sind nur auf ein kaum sichtbares aber nicht tolerierbares Maß gesunken.

Alle diese „nicht-klimatischen“ Argumente sollten schon alleine ausreichen, eine Abkehr von den fossilen Brennstoffen attraktiv zu machen.

► Schlussfolgerungen und Handlungsoptionen

Aus dem gesagten kann man folgendes feststellen:

- Die Menschen erzeugen durch ihren Umgang mit Energie, hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, große Mengen an Kohlendioxid, welches in die Atmosphäre abgelassen wird.
- Durch den physikalischen Effekt des Treibhauseffektes führt die Erhöhung der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre, die ebenfalls durch Messungen bestätigt wurde und auf die Emissionen der Menschheit zurückzuführen ist, zu einer Temperaturerhöhung.
- Die Temperaturerhöhung führt unweigerlich zu einem Klimawandel, der heute schon messbar und teilweise spürbar ist.
- Bei aller Unsicherheit der bisherigen Modelle in Bezug auf die Datenlage und die Verknüpfung der Daten: Massive Probleme durch eine Weiterführung oder gar eine Erhöhung der heutigen Kohlendioxid-Emissionen gelten als sicher – mit einer Wahrscheinlichkeit von deutlich über 90 Prozent!

Nun ist die Frage zu klären, wie man auf diese Erkenntnis reagieren soll. Dabei gibt es zwei grundlegend verschiedene Ansätze:

- Die Folgen des Klimawandels behandeln, also die durch ihn hervorgerufenen Änderungen durch eine Anpassung des Verhaltens oder der Technik kompensieren.
- Das Übel bei der Wurzel packen, also die Kohlendioxid-Emissionen sowie die Emissionen der anderen Treibhausgase auf der Entstehungsseite senken.

► Behandeln der Folgen – nur im äußersten Notfall!

Es werden viele Maßnahmen vorgeschlagen, wie man die Folgen des Klimawandels bekämpfen kann. Vom Bau höherer Deiche, schwimmenden Häusern oder Umsiedelung von Städten bis hin zu Sonnenschirmen im Weltraum, Aerosol-Bomben, Wolkenmaschinen und vielem mehr.

Es spricht vieles dafür, dass wir uns tatsächlich gegen katastrophale Folgen eines Klimawandels wappnen. Wir haben schon heute das System Erde auf viele Jahrzehnte, wenn nicht auf ein oder zwei Jahrhunderte auf wesentliche Veränderungen programmiert.

Dennoch dürfen solche Optionen der Technikfolgenbewältigung – der Klimawandel ist eine Folge des Einsatzes von Technik (!) – nicht dazu (ver-)führen, die vorbeugenden Maßnahmen zu vernachlässigen. Dazu gehört Natürlich ein Umdenken in der Nahrungsmittelproduktion, in erster Linie aber ein Umdenken bei unserem Umgang mit Energie.

► Vorbeugen – mit absolutem Vorrang!

Was können wir tun, um einem weiterlaufenden Klimawandel vorzubeugen? Dazu gibt es viele Einzelmaßnahmen, die wir persönlich, aber auch im Verbund innerhalb eines Staates und der Staaten untereinander entwickeln und vor allem *einhalten* müssen:

- Verzicht auf Energiedienstleistungen. Dies erscheint unbequem, kann aber auch zu einem Gewinn von Zeit und/oder Wohlbefinden führen. Es ist fraglich, ob ein 14-stündiger Flug für einen einwöchigen Urlaub wirklich Erholung oder Stress ist. Die gewonnene Zeit bei einem Urlaub zu Hause in vertrauter Umgebung *kann* befriedigender sein – wer wirklich weit *Reisen* will, wird dabei Freude empfinden und soll es weiterhin tun!
- Verbesserung der *verhaltensorientierten* Energieeffizienz: Dies bedeutet, Energiedienstleistungen nur dann in Anspruch zu nehmen, wenn wir sie wirklich benötigen. Dazu gehört, das Licht nicht unnötig brennen zu lassen, beim Einseifen die Dusche abzustellen, das günstigste Verkehrsmittel für einen Weg zu wählen und so weiter.
- Verbesserung der *technischen* Energieeffizienz: Systeme zur Energienutzung werden so weiterentwickelt, dass sie die benötigte Nutzenergie mit weniger Primärenergie-Aufwand bereitstellen. Primärenergie ist die zunächst vorgefundene Energieform wie Kohle, Sonnenlicht oder Biomasse. Nutzenergie ist die von uns konkret benötigte Energieform, also Licht, Wärme, Kraft oder Informations/Kommunikations-Dienstleistungen.
- Nutzung von Prozessen der Globalisierung zur Optimierung der *Ressourceneffizienz*. Heute dienen viele Schritte der Globalisierung zur Erhöhung der wirtschaftlichen Effektivität durch die Nutzung von Gefällen bei Lohn-, Sozial- und Umweltstandards. Bei einer globalisierten Ressourceneffizienz wäre es nicht mehr sinnvoll, Billigst-Produkte mit hohem Energieaufwand weltweit zu verschiffen. Die Regionalität der Ressourcennutzung würde Transportenergie einsparen und dabei sehr wahrscheinlich zu einer Mehrung des nicht-materiellen Wohlstands führen.
- Erschließung vollkommen neuer Methoden, Energie für unsere Zwecke verfügbar zu machen. Dazu gehören Methoden, Kraftstoffe direkt aus Licht und einfach zu beschaffenden Stoffen wie Wasser oder Kohlendioxid herzustellen. Direktverfahren der Herstellung von Wasserstoff aus Sonnenlicht und Wasser existieren bereits, sind aber kommerziell aufgrund der geringen Lebensdauer der Wandler noch nicht einsetzbar. Im Bereich der Stromerzeugung ist die Photovoltaik als Einzeltechnik im Prinzip optimal: Nutzung vorhandener (Dach-)Flächen, keine Geräuschemissionen, keine Veränderung des lokalen Klimas, vergleichsweise hohe kommerziell verfügbare Wirkungsgrade von 15 Prozent (Biomasse: gerade einmal 1-3 Prozent). Neue Herstellungstechniken (SOG, Silicon on Glass) lassen wesentliche Optimierung bei Ener-

gie und Rohstoffaufwand für die Herstellung erwarten.

Ein grundlegendes Problem bleibt jedoch: Die Speicherung des mit den Solarzellen gewonnenen Stroms oder die Einspeisung in ein weltweites Verbundnetz könnte den Solarstrom erst für eine zuverlässige und dauerhafte Stromversorgung etablieren. Die Speicherung scheitert schlicht daran, dass es heute keine technischen Systeme gibt, die die erforderlichen Eigenschaften besitzen und in der Lage sind, die ungeheuren Energiemengen aufzunehmen. Ein weltweites Verbundnetz erfordert – wie bei Investitionen für ein halbes oder ein ganzes Jahrhundert üblich – ein hohe politische Stabilität aller beteiligten Staaten; und das wären praktisch alle Staaten dieser Erde.

Nach heutiger Erkenntnis werden weder der Verzicht, die Effizienzsteigerungen noch der Einsatz bestehender Technologien alleine eine Lösung bringen. Zur Überbrückung müssen wir die bestehenden Technologien mit Effizienzverbesserungen verbinden und durchaus Verzicht üben, wenn wir den Übergang in eine zukunftsfähige Energieversorgung gestalten und umsetzen wollen.

Auch Forschung und Entwicklung auf allen Ebenen ist unerlässlich: Von der Grundlagenforschung bis hin zur Verbesserung industrieller Prozessschritte müssen alle in einer konzertierten Aktion an der Gestaltung einer zukunftsfähigen Energieversorgung mitwirken.

► Wie können wir persönlich handeln?

Dazu eine Reihe von Antworten:

- Die wichtigsten drei Dinge sind, *nicht in Panik zu verfallen*, uns aber *konstruktiv mit der Problematik zu beschäftigen* und vor allem *zu HANDELN*.
- Jeder sollte für sich schauen, ob er/sie an dieser oder jener Stelle mit weniger Energie das gleiche erreichen kann. Dazu gehören effizientere Häuser, Autos und Geräte. Dazu gehört der sorgfältige Umgang mit und der Verzicht auf „Energiedienstleistungen“.
- Sinnvolle Produkte wählen und sie sinnvoll nutzen: Weniger „Ressourcendurchsatz“, längere Nutzung höherwertiger Produkte. Die Hersteller von Produkten würden ihr Angebot verändern – ja sogar verändern *müssen* – wenn wir unser Kaufverhalten verändern. Unser Kaufverhalten ist eine Form der Basisdemokratie – mit *jedem* Euro stimmen *wir* ab, *wen* wir unterstützen.
- Parteien/Politiker wählen und andere Personen des öffentlichen Lebens unterstützen, die die richtigen Rahmenbedingungen schaffen: Die uns Bürgern eine Möglichkeit geben, eine zukunftsfähige Energieversorgung mitzugestalten und ihrerseits Gelder für Grundlagenforschung, angewandte Forschung und konkrete Technologie-Entwicklung verfügbar machen.

Copyright: 2007 by Dr. Michael Bockhorst

EI-TH-2007-001_energieinfo_themen_energie_und_klimawandel.odt

Haftungsausschluß:

Alle hier vorgestellten Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Eine Haftung für aus der Anwendung dieser Informationen eventuell entstehende Schäden wird nicht übernommen!

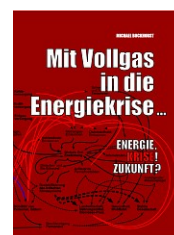
Bücher des Autors

Michael Bockhorst:
Mit Vollgas in die Energiekrise ...

Energie. Krise! Zukunft?

196 Seiten, zahlreiche Abb. und Tabellen, Farbtafeln, Paperback

ISBN: 3-8334-5155-6 14.80 EUR



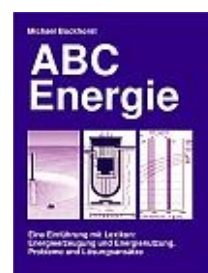
<http://energiekrise.energieinfo.de>

Michael Bockhorst:
ABC Energie

Eine Einführung mit Lexikon:
Energieerzeugung und Energie-
nutzung, Probleme und Lösungs-
ansätze

532 Seiten, zahlreiche Abbildungen
und Tabellen, Paperback

ISBN: 3-8311-4083-9 42.00 EUR



<http://www.abc-energie.de>

Bearbeitungs-Historie:

2007-05-20, mb INIT

2007-05-30, mb Fehlerkorrekturen