

KLIMASCHUTZ, ENERGIE UND NACHHALTIGES HANDELN

Negative Klimaveränderungen durch menschlichen Einfluss und wie gegengesteuert werden kann

Es ist zu erwarten, dass sich durch menschliche Einwirkungen weitreichende negative und auch gefährliche Klimaveränderungen ergeben werden, z.B. eine Häufung von Extremereignissen wie Überflutungen und ein Trend zu Stürmen größerer Intensität. Die drastisch vergrößerten Anstiegsraten der Veränderungen liefern deutliche Hinweise auf anthropogene Effekte. Auch angesichts der noch vorhandenen Unsicherheiten in den Klimamodellen kann die Konsequenz nur lauten, dass jetzt gehandelt werden muss. Es steht einfach zu viel auf dem Spiel. Die im Kyoto-Protokoll vereinbarten Verpflichtungen können nur als eine erste Einübung gewertet werden, da ihre Auswirkungen relativ minimal sein werden. Langfristig ist eine radikale Umstellung der Energieversorgung von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energien und möglicherweise ganz neue Energiegewinnungsformen wie die Kernfusion notwendig. Dazu muss u.a. auch eine Energieeffizienz-Revolution kommen.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Der Begriff der Nachhaltigkeit stammt, historisch gesehen, aus der Forstwirtschaft und wird dem Oberberghauptmann Hans Carlo von Carlowitz (um 1700 in Sachsen) zugeschrieben. In einem solchen Bereich, etwa einem überschaubaren Waldbesitz, wird der Begriff als logisches und vernünftiges Handlungsziel sofort verständlich: Um den Bestand und die dauerhafte Nutzung zu sichern, darf immer nur soviel Holz geschlagen werden, wie nachwächst oder aufgeforstet werden kann. Der Besitzer, der seinen Wald an eine nächste Generation weitergeben möchte, wird diesem Prinzip ebenso folgen wie der einfache Waldarbeiter, der seinen Arbeitsplatz auf Dauer sichern will. Genauso lässt sich aber an diesem Beispiel erkennen, unter welchen Umständen nicht nachhaltig gehandelt wird: Das vernünftige Handeln kann leicht von einem unverantwortlichen abgelöst werden, wenn z.B. viele mittellose Menschen keine andere Wahl haben, als den Wald abzuholzen, um an Brennmaterial zu kommen, oder z.B. der Landesfürst beschließt, dass das gesamte Holz zum Bau von Schiffen für den nächsten Krieg gebraucht wird. Die Folgen eines solchen Raubbaus sind bekannt: Zum einen brechen lokale Ökosysteme

und Wirtschaftsweisen zusammen, zum anderen werden regionale und z. T. sogar globale Folgen sichtbar. Das Abholzen der griechischen und italienischen Mittelmeerhalbinseln führte z. B. zu einer unwiederbringlichen Veränderung der Vegetation und des Klimas im Mittelmeerraum.

Der Verzicht auf Nachhaltigkeit aus Unwissenheit oder Profitgier, das Unverständnis für die Endlichkeit natürlicher Ressourcen und die Grenzen der Aufnahmefähigkeit unserer Umwelt für unsere Abfälle und Manipulationen hat so immer wieder zu bleibenden Schäden und Katastrophen geführt. Der Missbrauch der Flüsse als Abwasserkanäle, die Überfischung der Meere oder die Luftverschmutzung mit ihren Folgen für die menschliche Gesundheit sind wohlbekannt Beispiele. Genauso wohlbekannt sind die Antworten, die frühe Kritiker zu hören bekamen: Der Fluss verdünne alle Schadstoffe derart, dass wir nur wenige Kilometer von der Abwassereinlassstelle unbedenklich Trinkwasser entnehmen können oder dass der Reichtum der Meere unermesslich sei.

Beeinflusst der Mensch das Klima?

Und nun das Klima. Das Schicksal des Planeten und seiner Bewohner ist wohl durch nichts stärker geprägt worden als durch die klimatischen Umstände. Die menschliche Zivilisation verdankt sich der Tatsache, dass der letzten Eiszeit eine seit etwa 10.000 Jahren andauernde Warmzeit folgte, die in der Klimageschichte ungewöhnlich, wenn nicht einzigartig ist. Die relative Stabilität des Holozän wurde dabei immer wieder von (im Vergleich zu den Eiszeitzyklen) kleinen Klimaereignissen gestört, die ihre Spuren in der Kulturgeschichte hinterließen. So wird das Ende der klassischen Maya-Kultur um 800 auf lang anhaltende Dürreperioden zurückgeführt. Die Geschichte der letzten 1000 Jahre vom mittelalterlichen Klimaoptimum über die kleine Eiszeit bis in die heutige Zeit dokumentiert, wie abhängig und ohnmächtig der Mensch den Umweltbedingungen gegenübersteht. Die Aufzeichnungen der norwegischen Siedler auf Grönland von der Blütezeit der Kolonie bis zum Versiegen der schriftlichen Quellen sind dafür ebensolche Beispiele wie die Berichte über Weinanbau in Südengland und die typischen holländischen Winterbilder des 17. Jahrhunderts. Diesem gigantischen Wechselspiel von Plane-

tenbewegungen, Sonnenaktivität und interner Variabilität von Ozean und Atmosphäre soll der Mensch nun ins Handwerk pfuschen?

Unser Klima hängt im Wesentlichen vom Strahlungshaushalt des Planeten ab. Die kurzwellige Sonnenstrahlung durchdringt die Atmosphäre und heizt die Erdoberfläche und die Luftpartikel auf. Wie ein schwarzer Körper sendet die Erde Wärmestrahlung zurück in den Weltraum und strebt ein Gleichgewicht an, in dem einfallende und ausgehende Strahlungsenergie sich gerade balancieren. Gäbe es keine Atmosphäre, so läge die globale Mitteltemperatur bei -18°C . Es sind also die in der Atmosphäre vorhandenen Treibhausgase (THG, vor allem Wasserdampf und CO_2), die durch ihre Absorption und Streuung der langwelligen Strahlung zu dem wohligen Treibhausklima führen, in dem wir heute leben. Die Gleichgewichtstemperatur hängt vom Gehalt an THG ab und jede Änderung der Konzentration wird durch eine Temperaturänderung in Richtung dieses Gleichgewichts begleitet. Dabei können Rückkopplungen (z.B.: wärmer — mehr Verdunstung — mehr Wasserdampf — mehr Wolken — Abkühlung) oder Verzögerungen (z.B. durch die enorme Speicherkapazität des Ozeans) auftreten.

Der schwedische Physiker Svante Arrhenius erkannte Ende des 19. Jahrhunderts, dass die Zufuhr von CO_2 durch die gigantisch steigende Industrieproduktion Folgen für den Strahlungshaushalt der Atmosphäre haben muss. Er berechnete, dass eine Verdoppelung des damaligen CO_2 -Gehalts zu einem Temperaturanstieg von $4\text{--}6^{\circ}\text{C}$ führen würde. Obwohl zu der damaligen Zeit nicht einmal zuverlässige Messgeräte zur Erfassung des CO_2 -Gehaltes existierten, liegt diese Abschätzung nicht weit von der derzeitigen Prognose des Intergovernmental Panels of Climate Change (IPCC) von $1.4\text{--}4.8^{\circ}\text{C}$ entfernt. Allerdings konnte sich Arrhenius weder vorstellen, dass eine solche CO_2 -Konzentration je erreicht werden würde, noch fand er die Aussichten wirklich betrüblich: Ein paar Grad mehr würden der nordeuropäischen Landwirtschaft sicherlich gut tun.

Erst als kontinuierliche Messungen (u. a. die Mauna Loa-Kurve von Hawaii) in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts nicht nur einen dramatischen Anstieg, sondern auch eine besorgniserregende Beschleunigung dieses Anstiegs zeigten, wurde klar, dass die Menschheit auf dem Wege ist, Arrhenius' Experiment mit sich selbst als Einsatz in die Tat umzusetzen. Das zur gleichen Zeit aufkommende Bewusstsein für die Endlichkeit der Ressourcen (Club of Rome) und das wachsende

Umweltbewusstsein bereitete dann den Boden für die gesellschaftliche Verankerung und Akzeptanz der modernen Klimaforschung.

Folgen des menschlichen Eingriffs in das Klima

Von nun an ist klar, der Mensch beeinflusst das Klima. Diese Feststellung trifft im Übrigen nicht nur auf die THGs, sondern auch auf das Ozon und die so genannten Aerosole zu. Letztere sind kleinste Partikel, Stickoxyde, Dieselruß oder Schwefel, die in der Atmosphäre als Kondensationskerne für die Wolkenbildung zur Verfügung stehen. Wenn auch ihre Klimawirkung recht ambivalent ist, so führen sie doch im Wesentlichen durch den Abschirmungs- und Verschattungseffekt der Wolken zu einer regionalen Abkühlung des Klimas. Die Folgen des menschlichen Eingriffs in das Klima- und Wettergeschehen sind eindeutig dokumentiert, z.B. die merkliche Erwärmung Osteuropas nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion (der sog. Gorbatschow-Effekt) oder die gemessenen Änderungen in der Atmosphäre über Nordamerika während der Zeit des Flugverbots nach dem 11. September 2001.

Zurück zum CO_2 : Seit der industriellen Revolution stieg der CO_2 -Gehalt von ca. 280 ppm (parts per million = 0.0001 %) auf ca. 360 ppm mit einer wachsenden Steigerungsrate. Etwa 6 GT (1 GT = 1 Gigatonne = 1000 Millionen Tonnen) Kohlenstoff werden zur Zeit jährlich aus der Industrieproduktion emittiert. Etwa die Hälfte davon (3.2 GT) verbleiben in der Atmosphäre, der Rest wird etwa zu gleichen Teilen vom Ozean und der Landbiosphäre aufgenommen. Dem Reservoir der Atmosphäre (ca. 760 GT) wird also ständig Substanz zugefügt, in etwa als würde man ständig Wasser in eine Badewanne laufen lassen. Bei einem „Weitermachen wie bisher“ würde sich der Inhalt des Reservoirs in etwa 70 – 100 Jahren verdoppeln.

Die Folgen des Klimawandels sind weitgehend bekannt und werden von den Medien gern in übertriebener Weise in Szene gesetzt (The Day after Tomorrow). Der Anstieg der globalen Mitteltemperatur ist dabei nur eine Größe mit relativ wenig Aussagekraft. So wird erwartet, dass die Erwärmung in den arktischen Regionen etwa doppelt so hoch ausfallen wird wie der globale Mittelwert. Geht man von einer „noch handhabbaren“ Erwärmung von global 2°C aus, so würden die nördlichen Ökosysteme also mit 4°C fertig werden müssen. Eine weitere Folge wäre eine Intensivierung des hydrologischen Zyklus, also mehr Verdunstung in den sowieso schon ariden Gebieten und mehr und intensivere Niederschläge

in den feuchten Klimazonen. Der in Norddeutschland relativ kalte Sommer 2005, der mit einem weiteren extrem trockenen Sommer in Südeuropa einherging, ist da wohl viel eher ein Bild dessen, was uns bevorsteht, als der heiße Sommer von 2003. Ferner ist mit einer Häufung von Extremereignissen (Überflutungen etc.) zu rechnen. Dabei lässt sich kein einzelnes der derzeit zu beobachtenden Wetterereignisse (tropische Wirbelstürme, Flut in den Alpen) direkt mit der anthropogenen Erwärmung in Beziehung setzen und die Aussage, es hätte den Hurrikan Katrina nicht gegeben, wenn G.W. Busch das Kyoto-Protokoll unterzeichnet hätte, ist blanker Unsinn. Die natürlichen Schwankungen von Jahrzehnten mit vermehrter bzw. verminderter Auftretswahrscheinlichkeit von Wirbelstürmen sind allerdings überlagert von einem Trend zu Stürmen größerer Intensität, die mit der allmählichen Erwärmung der tropischen Gewässer zusammenhängen könnte. Ähnliches gilt für die so genannten 5b-Wetterlagen, bei denen sich Tiefdruckgebiete über dem Mittelmeer mit Wasser voll saugen und ihre Regenlast dann an den europäischen Gebirgsketten abregnen lassen. Hier hat sich die Zahl der Ereignisse pro Jahrzehnt deutlich erhöht.

Problem des Nachweises einer anthropogenen Klimaänderung und Zukunftsprojektionen

Das Problem der Klimaforschung ist allerdings immer noch, dass die beobachteten Veränderungen häufig erst dabei sind, die Bandbreite der natürlichen Schwankungen zu überschreiten. Ein Teil der jetzt festgestellten Veränderungen (z. B. der Rückgang der Alpengletscher) gehört noch zur Erholung des europäischen Klimas von der „Kleinen Eiszeit“. Die beobachtete Abnahme der Eisbedeckung der Arktis in den letzten 30 Jahren muss ebenso vor dem Hintergrund einer ungewöhnlich kalten Periode in den 70ern gesehen werden und die derzeitige Situation ist noch nicht drastisch verschieden von der Warmperiode in der Mitte des Jahrhunderts. Es sind hier die drastisch vergrößerten Anstiegsraten (Beschleunigung) der Veränderungen, die einen deutlichen Hinweis auf anthropogene Effekte liefern. Andererseits überlagern sich möglicherweise verschiedene Effekte (wie die Erwärmung durch THG und die Abkühlung durch Aerosole) und maskieren dadurch das wirkliche Ausmaß.

Die Meteorologen und Ozeanographen versuchen hier, mit den Klimamodellen Antworten zu geben. Zum einen werden die Zusammenhänge des natürlichen Klimageschehens erforscht, zum anderen



Energie und Klimaschutz am Beispiel der Gerhart-Hauptmann-Schule

versucht man, Projektionen für die Zukunft zu erstellen. Klimamodelle können die zukünftige Klimaentwicklung nicht voraussagen, sie können nur unter Was wäre, wenn-Annahmen einen möglichen Entwicklungskorridor beschreiben. Auf Grund ihrer technischen Unterschiede geben die etwa zwei Dutzend weltweit anerkannten Modelle nicht unbedingt gleiche Antworten. Selbst die Angabe für die zu erwartende globale Mitteltemperatur im Jahr 2100 ist von Modell zu Modell verschieden und deckt einen Bereich von 1.4 - 4.8°C ab.

Notwendigkeit des Handelns

Bei diesen immer noch vorhandenen Unsicherheiten wird immer wieder die Frage gestellt, warum ein Handeln jetzt notwendig ist. Vor allem die USA drängen immer wieder darauf, auf einen 100%igen-Beweis für die Schädlichkeit der anthropogenen THG zu warten.

Die Antwort kann nur lauten, dass zu viel auf dem Spiel steht und dass eine „wait and see“-Strategie dazu führen könnte, erst dann korrigierende Maßnahmen zu ergreifen, wenn es schon zu spät ist. Das Klima ist kein lineares System, das wir nach Belieben steuern können. So hängt die Gleichgewichtstemperatur vom CO₂-Gehalt, nicht von der Zuwachsrate ab. Der CO₂-Inhalt ist eine integrale Größe wie der Wasserinhalt in der Badewanne, und die heutige Erwärmung ist das Produkt der Emissionen des 20. Jahrhunderts. Selbst wenn wir heute die Emissionen auf Null herunterfahren würden, würde es auf Grund der Trägheit des Systems noch zu einer weiteren Erwärmung kommen, ehe die CO₂-Konzentration und die Temperatur sinken würden.

Kyoto und post-Kyoto

Das Verständnis von der Rolle der Akkumulation der THG in der Atmosphäre ist äußerst wichtig und schwierig zu vermitteln. Wollte man den CO₂-Gehalt auf dem heutigen Stand fixieren, so müssten die Emissionen um rund 50% gesenkt werden. Angesichts dieser Perspektive nehmen die Maßnahmen des Kyoto-Protokolls fast lächerliche Züge an: Idealerweise werden die Industriationen ihre Emissionen bis 2012 auf einen Wert von 5% unter denen von 1990 senken. Selbst bei Erfüllung aller Kyoto-Ziele würde der CO₂-Gehalt der Atmosphäre also auf keinen Fall sinken. Da die Entwicklungs- und Schwellenländer nicht eingebunden sind und nicht alle Emissionsarten (z.B. Schiffs- und Flugverkehr) erfasst werden, wird der CO₂-Zuwachs fast ungehindert weiterwachsen. Der Effekt für die Temperaturentwicklung ist fast marginal (0.03°C, wenn Kyoto

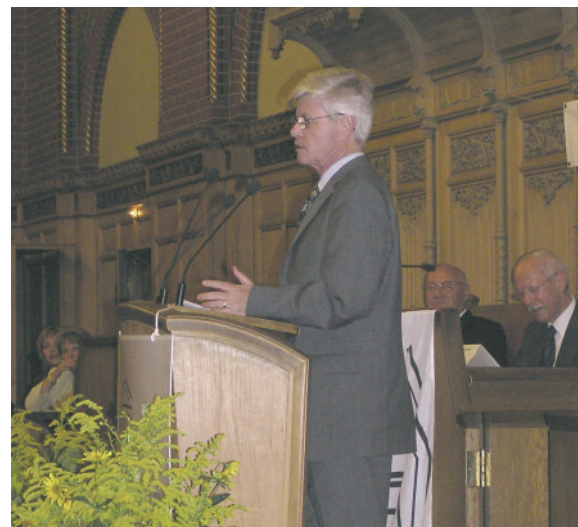
durchgesetzt wird bzw. nicht). Kyoto kann also nur eine Einübung sein in die Erfordernisse und Handlungsanforderungen für die Zeit nach 2012. Griffe man das oben genannte Ziel einer Stabilisierung des CO₂-Gehaltes oder auch nur einer Begrenzung des Temperaturanstieges auf (als noch handhabbar geglaubte) 2°C auf, so würde dies (da wieder hauptsächlich die Industriationen in die Pflicht zu nehmen wären) eine Reduktion unserer Emissionen um bis zu 80% bedeuten. Angesichts des Aufwandes einer solchen Operation, die schon im Kyoto-Prozess deutlich wird, bedeutet dies eine gigantische Aufgabe.

Was ist zu tun?

Die Menschheit muss ihre Energieversorgung radikal umstellen: weg von fossilen Brennstoffen zu den erneuerbaren Energien und möglicherweise zu ganz neuen Energiegewinnungsformen wie der Kernfusion. Die Energieeffizienzrevolution muss vollzogen werden, konsequentes Energiemanagement in Haushalt und Verkehr und eine gewaltige Steigung des Wirkungsgrades unserer Technologie. Daneben sollte mehr qualitatives, energieextensives Wachstum (z.B. ökologische Landwirtschaft, sanfter und regionaler Tourismus) gefördert werden.

Die Anstrengungen und finanziellen Belastungen dieser Herausforderung müssen in Beziehung gesetzt werden zu den Kosten und Opfern, die die Klimaveränderung mit sich bringt.

Dr. Johann Jungclauss, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg



Prof. Dr. Graßl, Direktor des Max-Planck-Institutes für Meteorologie Hamburg; beim Festvortrag zur Eröffnung der 40. Jahrestagung im Lübecker Rathaus