
Die Herausforderung globaler Klimawandel

Mojib Latif*

Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel

1. Das Klimaproblem

Bei einer Erde ohne Atmosphäre wäre ihre Oberflächentemperatur ausschließlich durch die Bilanz zwischen eingestrahelter Sonnenenergie und der von der Erdoberfläche abgestrahlten Wärme- (Infrarot-) Strahlung festgelegt. Die Oberflächentemperatur betrüge im globalen Mittel etwa minus 18°C. Selbst eine nur aus Sauerstoff und Stickstoff bestehende Atmosphäre, die mit ca. 99% die Hauptkomponenten unserer Atmosphäre bilden, änderte dies kaum. Spurengase wie Wasserdampf und Kohlendioxid absorbieren die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmestrahlung und senden sie teilweise zurück zur Erdoberfläche. Dieser Vorgang führt zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erdoberfläche, und ihre Temperatur beträgt daher im globalen Mittel knapp plus 15°C. Die an dem *natürlichen Treibhauseffekt* (Abb. 1) beteiligten und als *Treibhausgase* bezeichneten Gase nehmen seit Beginn der Industrialisierung systematisch zu: Kohlendioxid (CO₂) um 40%, Methan (CH₄) um 120% und Distickstoffoxid (N₂O) um 10%. Außerdem befinden sich noch große Mengen an ozonzerstörenden Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) in der Atmosphäre.

Ihr Gehalt ist allerdings aufgrund der im Montrealer Protokoll festgelegten Vereinbarungen rückläufig. Die Anreicherung der Atmosphäre mit Treibhausgasen verstärkt den Treibhauseffekt und führt unweigerlich zu einer globalen Erwärmung, eine Einsicht, die wir Menschen bereits gegen Ende des vorletzten Jahrhunderts besaßen. Kohlendioxid ist mit einem Anteil von etwa Zweidrittel am *zusätzlichen Treibhauseffekt* das wichtigste Gas hinsichtlich der Klimabeeinflussung durch den Menschen. Seine heutige Konzentration ist vermutlich einmalig während der letzten 20 Millionen Jahre.

2. Die Klimaentwicklung des 20. Jahrhunderts

Was kann man heute schon auf Grund dessen an Klimaänderung beobachten? Die Temperatur der Erde (Abb. 2) zeigt in den letzten 100 Jahren einen offensichtlichen Erwärmungstrend von knapp 0,8°C (IPCC 2008). Die Anzeichen der Erwärmung sind unübersehbar: Das Eis der Erde zieht sich immer weiter zurück. So hat sich die arktische Eisbedeckung in den letzten 30 Jahren um etwa 30% verringert; und der Meeresspiegel ist während des 20. Jahrhunderts um knapp 20cm angestiegen, um nur einige Änderungen zu nennen. Die Temperatur der Erde zeigt neben dem offensichtlichen langfristigen Erwärmungstrend ausgeprägte Schwankungen auf kürzeren Zeitskalen, von Jahr zu Jahr und von Jahrzehnt zu Jahrzehnt. Das Klimasystem unterliegt vielfältigen *internen* und *externen*

*Korrespondenzadresse: Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel (IFM-GEOMAR), Ozeanzirkulation und Klimadynamik, Düsternbrooker Weg 20, D-24105 Kiel, e-mail: mlatif@ifm-geomar.de.

Die Herausforderung globaler Klimawandel

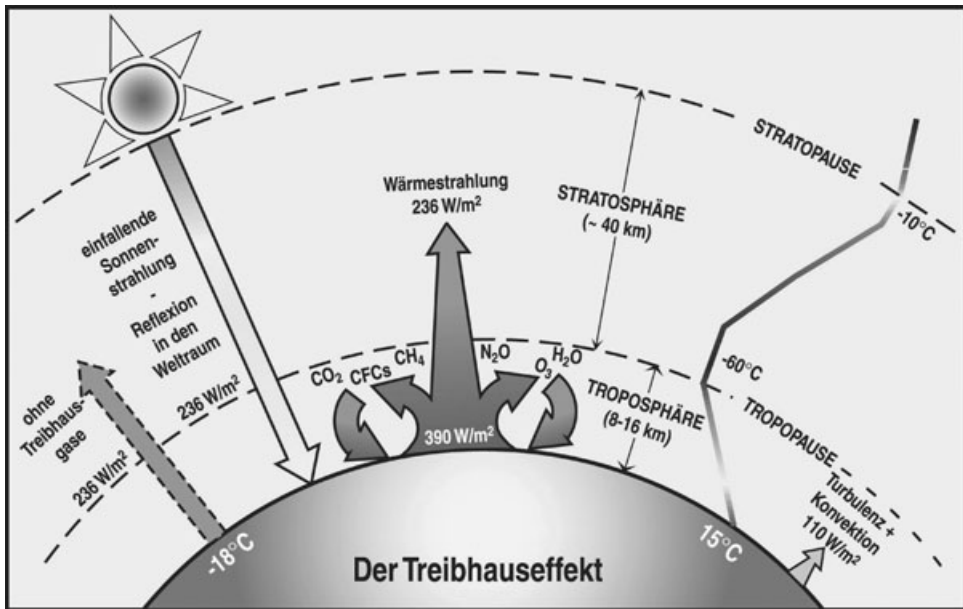


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Wirkungsweise des Treibhauseffekts. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt betrüge die über die Erdoberfläche gemittelte Temperatur nur etwa minus 18°C, die tatsächliche Temperatur misst allerdings knapp plus 15°C. Quelle: Latif (2009).

natürlichen Einflüssen, woraus sich die irreguläre Temperaturentwicklung erklärt. Es verwundert daher nicht, dass es seit 1998 keinen neuen Temperaturrekord gegeben hat und das Klima eine Art „Atempause“ durchläuft. Die oftmals zyklischen natürlichen Klimaschwankungen können den Erwärmungstrend durch uns Menschen kurzzeitig bremsen oder beschleunigen. Wir können daher nicht erwarten, dass es jedes Jahr neue Temperaturrekorde zu verzeichnen gibt. Daraus folgt, dass viele Jahrzehnte für die Quantifizierung des menschlichen Einflusses auf das Klima heranzuziehen sind. Aussagen auf der Basis nur weniger Jahrzehnte sind mit großen Unsicherheiten behaftet.

Zu den internen Klimaschwankungen zählt man u. a. langperiodische Schwankungen der Winde und Meeresströmungen. Eine außergewöhnlich starke Golfstromzirkulation hat vermutlich die warmen Temperaturen um 1940 herum verursacht. Änderungen der Randbedingungen sind die Ursache externer Schwankungen. Vulkane wie auch der Mensch beeinflussen beispielsweise die Zusammensetzung der Atmosphäre. Letztere ist eine wichtige Randbedingung für das Klima. Auf den sehr langen geologischen Zeitskalen von vielen Jahrtausenden sind die Änderung der Erdbahn um die Sonne und die Kontinentalverschiebung prominente Auslöser externer Klimaschwankungen wie Eis- und Warmzeiten.

Es wird daher zu Recht die Frage nach der Rolle von natürlichen Faktoren für die Erwärmung während des 20. Jahrhunderts gestellt. Im Fokus steht dabei eine Änderung der die Erde erreichenden Sonnenstrahlung. Die Abstrahlung der Sonne schwankt beispielsweise mit der Sonnenfleckenaktivität und aufgrund anderer interner sonnenphysikalischer Prozesse. Während des letzten Jahrhunderts stieg

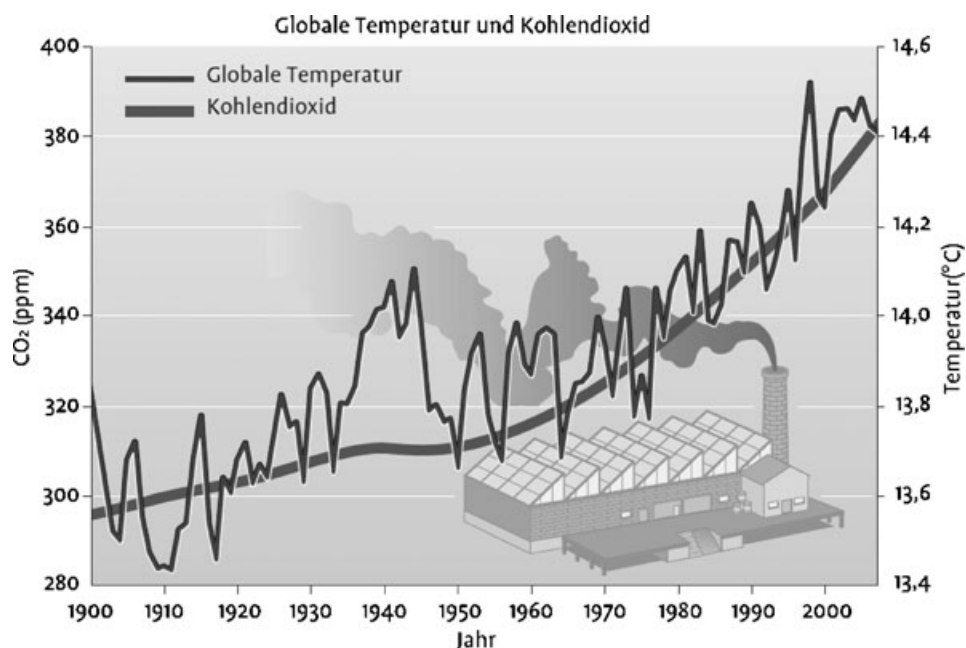


Abbildung 2 Die CO₂-Konzentration und die global gemittelte Temperatur seit 1900. Beide Größen zeigen einen offensichtlichen Anstieg.
Quelle: Latif (2009).

die *Solarkonstante*¹ in der Tat an. Klimamodelle zeigen, dass durch den Anstieg der Sonnenintensität zwar ein Teil der beobachteten Erwärmung, vor allem in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, erklärt werden kann, allerdings mit etwa 0,2°C nur ungefähr ein Viertel der Gesamterwärmung von knapp 0,8°C. Die Sonne allein kann demnach nicht für den beobachteten Temperaturanstieg verantwortlich sein. Statistische und weitere auf Klimamodellen basierende Analysen zeigen, dass mindestens die Hälfte des beobachteten Temperaturanstiegs des letzten Jahrhunderts mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auf den Menschen zurückgeht. Es hat zwar in der Vergangenheit immer wieder Klimaschwankungen gegeben, die nicht auf menschliche Aktivität zurückgehen, wie beispielsweise die mittelalterliche Warmzeit oder die kleine Eiszeit. Letztere waren im Vergleich zum Anstieg der Temperatur der letzten Jahrzehnte allerdings deutlich schwächer, zumindest im hemisphärischen oder globalen Maßstab. Es gibt daneben keine wissenschaftliche Publikation, die die starke Erwärmung der letzten Jahrzehnte ohne den Anstieg der Treibhauskonzentrationen zu erklären vermag.

3. Die Trägheit des Klimas

Eine inhärente Eigenschaft des Klimas ist seine Trägheit, was sich zwangsläufig aus den langen internen Zeitskalen einiger Klimakomponenten ergibt. So reagieren die Meere beispielsweise sehr träge auf eine äußere Anregung wie etwa den Ausstoß von Kohlendioxid durch uns Menschen. Deshalb treten viele

1. Die Solarkonstante bezeichnet die am Außenrand der Atmosphäre einfallende Sonnenstrahlung.

Die Herausforderung globaler Klimawandel

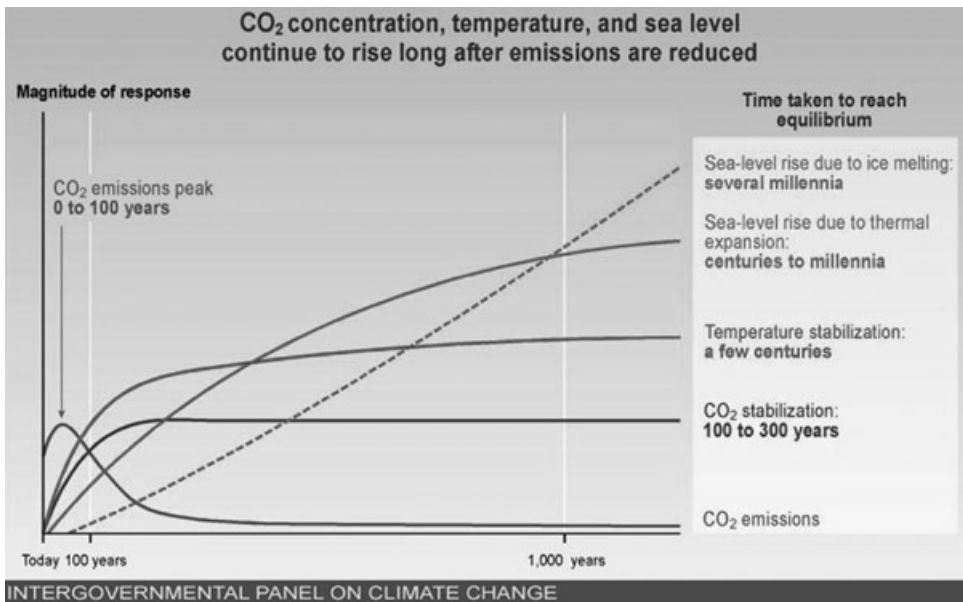


Abbildung 3 Auch nach der Reduktion der CO₂-Emissionen und der Stabilisierung der atmosphärischen CO₂-Konzentration steigen die Oberflächentemperaturen für ein Jahrhundert oder mehr um wenige Zehntel Grade pro Jahrhundert weiter an. Die thermische Ausdehnung der Ozeane setzt sich noch lange nach der Reduktion der CO₂-Emissionen fort, und schmelzende Eisschilde tragen noch für viele Jahrhunderte bis zu einigen Jahrtausenden zur Meeresspiegelerhöhung bei. Diese Abbildung ist eine generische Veranschaulichung für eine Stabilisierung auf beliebigen Niveaus zwischen 450 und 1000ppm (engl.: parts per million) und trägt daher keine Einheiten auf der Auswirkungssachse.
Quelle: IPCC (2001).

Auswirkungen der anthropogenen Klimaänderung nur langsam in Erscheinung (Abb. 3), weswegen wir das volle Ausmaß der von uns verursachten Klimaänderung heute noch nicht „sehen“. Einige der Auswirkungen könnten bei Überschreitung bestimmter Schwellenwerte irreversibel sein, d. h. nicht umkehrbar. Die Lage der Schwellenwerte ist allerdings nur ungenau bekannt. Eines ist jedoch klar: Die Stabilisierung der Kohlendioxidemissionen auf dem heutigen Stand würde wegen der langen Lebensdauer des Kohlendioxids von etwa 100 Jahren nicht zu einer Stabilisierung der atmosphärischen CO₂-Konzentration führen, während die Stabilisierung der Emission von kurzlebigeren Spurengasen wie Methan (CH₄) tatsächlich eine Stabilisierung ihrer Konzentrationen zur Folge hätte. Die Stabilisierung der CO₂-Konzentration auf einem bestimmten Niveau erfordert eine Reduktion seiner globalen Nettoemission auf einen Bruchteil der derzeitigen Emissionsmengen. Und je tiefer das gewünschte Stabilisierungsniveau liegt, umso früher muss die Reduzierung beginnen, um tiefgreifende wirtschaftliche Verwerfungen zu vermeiden.

Nehmen wir an, dass die CO₂-Emissionen innerhalb der kommenden Jahrzehnte ihren Höhepunkt erreichen und sich die CO₂-Konzentration innerhalb der kommenden 100–300 Jahre stabilisiert. Auch danach würde der atmosphärische CO₂-Gehalt für Jahrhunderte hoch bleiben, da die Entfernung des Kohlendioxids

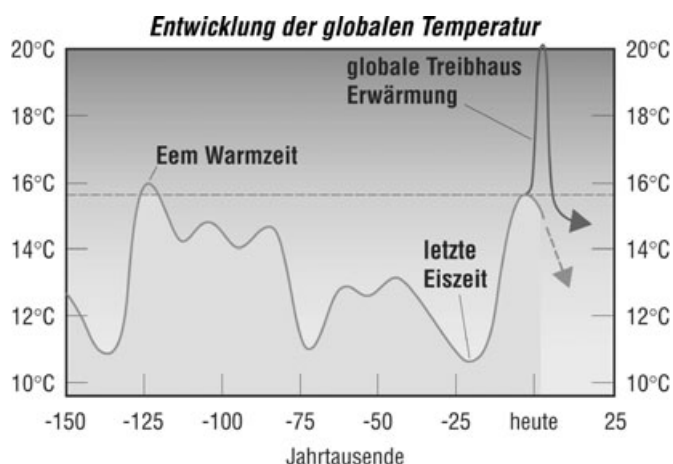


Abbildung 4 Die Entwicklung der Erdtemperatur in einem „worst case“ Szenarium im Vergleich zu der Temperatur der letzten 150.000 Jahre. Die Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts wäre einmalig in der Geschichte der Menschheit. Die in die Zukunft weisende gestrichelte Linie zeigt den „normalen“ Verlauf der Temperatur in den kommenden Jahrtausenden, wie er sich aus der zukünftigen Änderung der Erdbahnparameter ergibt.
Quelle: Latif (2004).

durch die einzige langfristige Senke, die Meere, nur sehr langsam vonstatten geht. Man kann diesen Sachverhalt mit einer vollen Badewanne vergleichen, die sich nur langsam leert, wenn man den Stöpsel gezogen hat. Die Trägheit des Klimas selbst führt dazu, dass es sich selbst lange nach der Stabilisierung der CO₂-Konzentration weiter ändert. Klimamodelle zeigen, dass die oberflächennahe Lufttemperatur nach der Stabilisierung der atmosphärischen CO₂-Konzentration mindestens über ein Jahrhundert lang um einige Zehntel Grad weiter ansteigt. Der Anstieg des Meeresspiegels wird sich sogar über Jahrhunderte fortsetzen. Er steigt global infolge von zwei Prozessen. Zum einen erwärmt sich das Meerwasser, wodurch es sich ausdehnt. Man spricht in diesem Zusammenhang von *thermischer Expansion*. Zum anderen schmilzt Landeis, dessen Schmelzwasser in das Meer gelangt. Der für die thermische Expansion des Meerwassers wichtige und sehr langsame Transport von Wärme aus den oberen Meeresschichten in die Tiefsee und die noch langsamere Reaktion der kontinentalen Eisschilde haben zur Folge, dass es über ein Jahrtausend lang dauert bis der Meeresspiegel ein neues Gleichgewicht erreicht. Allerdings kann man nicht ausschließen, dass es zwischendurch zu sehr schnellen Anstiegen infolge dynamischer Instabilitäten der großen Eisschilde Grönlands und der Antarktis kommt, mit Werten von deutlich mehr als einem Meter pro Jahrhundert.

Das Klimasystem könnte – wie oben angedeutet – einige Überraschungen bereithalten, wenn man es zu stark auslenkt. Das komplette Abschmelzen des grönländischen Eisschilds über viele Jahrhunderte bei einer zu starken Erwärmung bis zum Ende dieses Jahrhunderts wäre bei Überschreiten eines Kippunktes nicht mehr zu stoppen, selbst wenn sich die Treibhausgasemissionen danach schnell verringerten. Allein der grönländische Eispanzer besitzt ein Meeresspiegelanstieg-Äquivalent von weltweit sieben Metern. Außerdem könnte das Abschmelzen großer Inlandeismassen grundlegende Änderungen in den Mustern der Ozeanzirkulation,

Die Herausforderung globaler Klimawandel

beispielsweise der Golfstromzirkulation, verursachen, welche über eine Periode von vielen Menschengenerationen nicht umkehrbar wären. Dabei kann der Schwellenwert für Änderungen der Ozeanzirkulation bei einer geringeren Erwärmung erreicht werden, falls sie eher schnell als allmählich verläuft. Die Trägheit und die Möglichkeit der Irreversibilität sind wichtige Gründe für vorausschauendes Handeln. Die heute messbaren Änderungen zeigen in keiner Weise das volle Ausmaß der bisher durch den Menschen verursachten Klimaänderung. Die globale Klimaentwicklung für die kommenden Jahrzehnte ist bereits vorgezeichnet.

4. Das Klima des 21. Jahrhunderts

Das IPCC geht je nach Emissionsszenarium und Klimaempfindlichkeit von einer durchschnittlichen Erwärmung bis zum Ende des Jahrhunderts von weltweit bis zu 4°C aus, falls keine Maßnahmen ergriffen werden, um den Ausstoß von Treibhausgasen massiv zurückzufahren. Einige Modelle simulieren sogar Erwärmungen bis zu 6°C (IPCC 2008). Eine solche Erwärmung wäre in Ausmaß und Geschwindigkeit einmalig in der Geschichte der Menschheit (Abb. 4) und würde zu einer weiteren Zunahme von Wetterextremen auf dem Globus und einem weltweiten Meeresspiegelanstieg von bis zu einem Meter, längerfristig von mehreren Metern führen. Die Arktis könnte im Falle eines solchen „business as usual“ Szenariums bereits gegen Mitte des Jahrhunderts im Sommer eisfrei und viele Gebirgsgletscher komplett geschmolzen sein mit katastrophalen Auswirkungen für die Trinkwasserversorgung riesiger Gebiete. Meeresströmungen könnten versiegen oder abgelenkt werden mit extremen regionalen Klimaänderungen als Folge. Der Permafrost würde auftauen und großen Mengen des Treibhausgases Methan freisetzen. Die Erwärmung könnte die Gashydratvorkommen in den Meeren destabilisieren, wodurch ebenfalls zusätzlich Methan in die Atmosphäre gelangen könnte. Möglicherweise würde es bei diesem Vorgang auch zu Hangrutschungen kommen, die im Extremfall Tsunamis mit meterhohen Flutwellen auslösen würden.

Die letzte große Warmzeit, die Eem-Warmzeit, erreichte ihren Höhepunkt vor etwa 125.000 Jahren und war ein halbes bis ein Grad wärmer als das heutige Klima. Das grönländische Eisschild war zu dieser Zeit nur ungefähr halb so groß, der Meeresspiegel etwa drei bis vier Meter höher. Wegen der vielfältigen Auswirkungen auf menschliche Sicherheit, Gesundheit, Wirtschaft und Umwelt ist eine ungebremste globale Erwärmung auf jeden Fall mit großen Risiken behaftet. Wir würden in Temperaturbereiche vorstoßen, deren Auswirkungen vermutlich nicht beherrschbar wären. Allerdings können wir die Konsequenzen nicht in allen Einzelheiten berechnen, da das Klimasystem zu komplex ist, um es vollständig zu verstehen. Zahlreiche Überraschungen würden auf uns lauern. Allein deswegen sollten wir das Experiment mit unserem Planeten nicht solange fortführen, bis alle fossilen Brennstoffe verbrannt sind.

5. Ozeanversauerung

Eine weitere Auswirkung des Klimawandels ist in der Öffentlichkeit kaum bekannt. Während sich das Kohlendioxid in der Atmosphäre weitgehend chemisch neutral verhält, d. h. nicht mit anderen Gasen reagiert, ist es im Ozean aktiv. Die

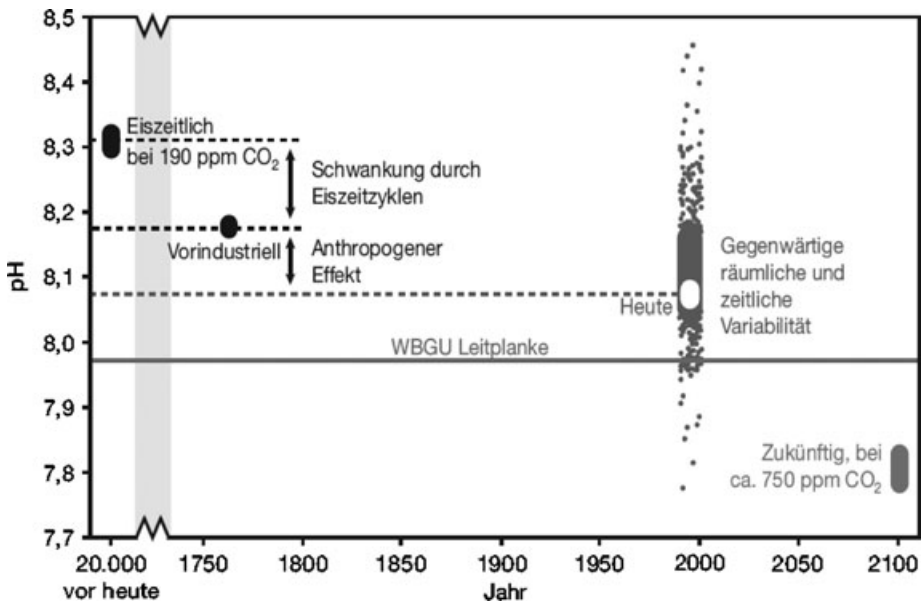


Abbildung 5 Variabilität des mittleren pH-Wertes der Ozeane in der Vergangenheit und in der Gegenwart sowie Projektion für die Zukunft für eine atmosphärische CO_2 -Konzentration von ca. 750ppm im Jahr 2100. Die durchgezogene Linie illustriert die vom WBGU vorgeschlagene „Leitplanke“, die nicht unterschritten werden sollte.
Quelle: WBGU (2006).

Weltmeere speichern rund 38.000Gt Kohlenstoff (GtC). Im Ozean ist damit gegenwärtig etwa fünfzig Mal mehr Kohlenstoff gespeichert als in der Atmosphäre, und zwanzig Mal mehr als in der terrestrischen Biosphäre und den Böden. Das Meer ist nicht nur ein bedeutender CO_2 -Speicher, sondern auch langfristig die wichtigste Senke für anthropogenes CO_2 . Die CO_2 -Aufnahme des Ozeans führt zu einem weiteren und von der Klimaänderung selbst unabhängigen Problem, der Ozeanversauerung. Ein Teil des durch den Menschen emittierten Kohlendioxids gelangt in die Oberflächenschicht des Meeres und mit der Ozeanzirkulation über Zeiträume von Jahrzehnten bis Jahrhunderten schließlich auch in die Tiefsee. Seit einigen Jahrzehnten ist bereits eine Zunahme der CO_2 -Konzentration in den oberen Meeresschichten nachweisbar. Gegenwärtig nimmt der Ozean jährlich ca. 2GtC auf, d. h. etwa 30% der energiebedingten CO_2 -Emissionen. Insgesamt haben die Meere seit Beginn der Industrialisierung knapp die Hälfte der kumulierten CO_2 -Emissionen aus fossilen Energieträgern (einschließlich der Zementherstellung) aufgenommen. Das anthropogene CO_2 -Signal im Meer ist im Mittel bis zu einer Wassertiefe von etwa 1000m nachweisbar. Wegen des langsamen Austauschs zwischen dem oberflächennahen Ozean und den tieferen Schichten hat das Signal weite Teile des Ozeans noch nicht erreicht.

Gelöstes CO_2 trägt zu einer Absenkung des pH-Wertes bei, das Meerwasser wird saurer. Der Wissenschaftliche Beirat für Globale Umweltfragen (WBGU) der Bundesregierung hat sich in seinem Gutachten aus dem Jahr 2006 ausgiebig mit der Ozeanversauerung befasst (WBGU 2006). Erste konkrete Folgen der Versauerung sind bereits zu beobachten. Da das saurere Wasser Kalk angreift, wird es für kalkbildende Organismen wie Muscheln, Schnecken, Seeigel, Seesterne, aber auch

Die Herausforderung globaler Klimawandel

viele Kleinstlebewesen im Plankton zunehmend schwerer, ihre Kalkschalen und -skelette zu bilden. Sogar die Kalkproduktion der Korallen am Great Barrier Reef in Australien hat messbar abgenommen. Steigt der Säuregrad weiter, droht das weltweite Zusammenbrechen ganzer Ökosysteme. Das hätte letztlich auch weitreichende Konsequenzen für die Menschheit. Fischerei und Tourismus wären bedroht, Küstenschutz durch Korallenriffe wäre nicht mehr gegeben, mögliche biologische Rohstoffe für Medizin oder Ernährung könnten verloren gehen.

Seit Beginn der Industrialisierung ist der pH-Wert des Oberflächenwassers der Meere im Mittel um etwa 0,11 Einheiten gesunken (Abb. 5). Dies entspricht einer Zunahme der Konzentration von Wasserstoff-Ionen (H^+ -Ionen) um etwa 30% bezogen auf den leicht alkalischen vorindustriellen pH-Wert von 8,18. Die Versauerung ist vor allem eine Konsequenz des schnellen Anstiegs der CO_2 -Menge im Ozean. Bei einem langsamen Eintrag von Kohlendioxid, wie er in der Erdgeschichte wiederholt stattgefunden hat, mischt sich das CO_2 bis in die Tiefsee, wo eine langsame Auflösung von kalkhaltigen Sedimenten der Versauerung entgegenwirkt. Der pH-Wert des Meeres bleibt in diesem Fall annähernd konstant. Zum Ende der letzten Eiszeit beispielsweise stieg die CO_2 -Konzentration über einen Zeitraum von 6000 Jahren um 80ppm an. Trotzdem änderte sich der pH-Wert kaum. Im Falle einer atmosphärischen CO_2 -Konzentration von 750ppm im Jahr 2100 würde der pH-Wert auf etwa 7,8 absinken, ein Wert, den es im Meer seit vielen Jahrhunderttausenden nicht mehr gegeben hat (Abb. 5). Gelingt es dagegen, die Konzentration auf 450ppm zu begrenzen, dann betrüge die pH-Wert Reduktion nur 0,17 Einheiten. Letzteres Szenarium erscheint allerdings angesichts des schnellen Anstiegs der atmosphärischen CO_2 -Konzentration in den letzten Jahren auf heute fast 390ppm unwahrscheinlich. Der WBGU empfiehlt in seinem Gutachten als „Leitplanke“ einen pH-Wert von 8,0 im oberen Ozean nicht deutlich zu unterschreiten, d. h. er sollte nicht mehr als 0,20 Einheiten gegenüber dem vorindustriellen Wert fallen. Andererseits drohen unabsehbare Folgen für die marinen Ökosysteme.

6. Was muss geschehen?

Nach Meinung der meisten Wissenschaftler dürfte die Temperatur auf der Erde bis zum Ende dieses Jahrhunderts um nicht mehr als $2^\circ C$ gegenüber der vorindustriellen Zeit ansteigen, entsprechend einer *äquivalenten* CO_2 -Konzentration von etwa 450ppm, um das Risiko von Kippeffekten so gering wie möglich zu halten, wie etwa das unwiderrufliche Abschmelzen des Grönlandeises oder einer gefährlichen Versauerung der Weltmeere. Der weltweite Ausstoß der Treibhausgase müsste sich zur Erreichung des „ $2^\circ C$ -Ziel“ bis zur Mitte des Jahrhunderts halbieren und bis zum Ende des Jahrhunderts um mindestens 80% verringern. Allerdings ist der energiebedingte Ausstoß, der mit etwa 80% größte Anteil der gesamten Kohlendioxidemissionen, von 1990 bis einschließlich 2008 um gut 40% und allein seit 2000 um fast 30% gestiegen. Selbst im Jahr 2008 sind die Emissionen trotz der weltweiten Rezession um 2% gewachsen. Man muss es so deutlich sagen: Klimaschutz findet bisher nicht statt!

Eigentlich sollte es selbstverständlich sein, die notwendige Reduktion des Treibhausgasausstoßes mit einer nachhaltigen Strategie zur künftigen Energiegewinnung zu verknüpfen. Regenerative Energiequellen wie die Sonnenkraft stehen uns praktisch unbegrenzt zur Verfügung und die Techniken zu deren

Nutzung existieren bereits, wenngleich sie sicherlich verbesserungswürdig sind. In letzter Zeit ist jedoch eine verstärkte Diskussion über die sog. Ingenieurslösungen (englisch: Geoengineering) zu beobachten, in der Politik, der Wirtschaft und den Medien. Dahinter steckt die Idee „Weitermachen so wie bisher“ und die Anwendung technischer Maßnahmen, um etwa Kohlendioxid bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe abzuscheiden und später „sicher“ zu lagern (englisch: Carbon Capture and Storage, CCS) oder es mittels Eisendüngung der Weltmeere aus der Atmosphäre zu entfernen. Ein anderer Vorschlag zielt darauf, riesige Mengen von Schwefel in die Atmosphäre einzubringen, um die Sonnenstrahlung zu behindern und damit der globalen Erwärmung entgegenzuwirken. Technische Lösungen scheinen wirtschaftlich attraktiv zu sein, weil sie in den kommenden Jahrzehnten keinen fundamentalen Strukturwandel der weltweiten Energiewirtschaft erfordern. Was ist aber von derartigen Vorschlägen zu halten? Erstens: Es gibt heute keine umweltverträgliche technische Lösung, mit der man die globale Erwärmung eindämmen könnte. Die Anwendbarkeit für CCS steht frühestens 2020 ins Haus, wobei es keinerlei Erfolgsgarantie gibt. Wir pokern bei CCS um unsere Zukunft. Das gleiche gilt für die Eisendüngung. Die bisherige Forschung liefert sogar eher Zweifel hinsichtlich ihrer Wirksamkeit. Zweitens. Alle vorgeschlagenen Lösungen sind mit großen Umweltrisiken verbunden. Solange diese nicht zweifelsfrei ausgeräumt sind, dürfen wir solche Techniken nicht als ernsthafte Optionen ansehen. Drittens: Wir müssen einen riesigen finanziellen Aufwand betreiben, um die technischen Lösungen zu realisieren. Viertens: Das Geld wäre besser in die weitere Entwicklung und Implementierung der regenerativen Energien investiert. Nur diese sind sicher und garantieren langfristig den Zugang zu Energie für alle Menschen, ohne die Umwelt über Gebühr zu belasten. Wir haben beim Klimaschutz keine Zeit mehr zu verlieren und sollten uns daher nicht auf unsichere Pfade begeben. Wenn wir ein Problem mit dem Kohlendioxid haben, dann sollten wir es gar nicht erst produzieren. Die einfachste und in jeder Hinsicht beste Lösung des Klimaproblems bieten die regenerativen Energien.

Literaturverzeichnis

- IPCC (2001), *Climate Change 2001: Synthesis Report*. IPCC, Geneva.
IPCC (2008), *Climate Change 2007: Synthesis Report*. IPCC, Geneva.
Latif, M. (2004), *Klima*. Fischer Kompakt. Fischer, Frankfurt a.M.
Latif, M. (2009), *Klimawandel und Klimadynamik*. UTB Ulmer Verlag, Stuttgart.
WBGU (2006), *Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer*. WBGU, Berlin.

Abstract: *At least half of the global warming observed during the 20th century of about 0.8°C is of anthropogenic origin and mostly due to enhanced atmospheric carbon dioxide levels in response to the burning of fossil fuels. The climate problem is therefore closely linked to the way we produce energy. Climate models predict a massive warming by the end of the century should global greenhouse gas emissions not be strongly reduced. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) reports that the warming can amount to up to 4°C in a worst case scenario, which would be unprecedented in speed and extent in man's history. This can lead to an increase of extreme weather events and a rise of global sea level by up to 1m. A less known impact of increasing atmospheric carbon dioxide is ocean acidification, as the oceans take up large amounts of carbon dioxide. Ocean acidification potentially threatens marine life and global food production.*