

Sonne, Mensch und Klima



Etwa alle fünf Jahre wird vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), einer von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) getragenen Organisation, in einem dicken Buch der Stand des Wissens über das Klima zusammengefasst und veröffentlicht. Zu dem jetzt erschienenen dritten Bericht haben hunderte von Wissenschaftlern aus dem In- und Ausland beigetragen, darunter auch Forscher verschiedener Max-Planck-Institute. Wie eine wissenschaftliche Veröffentlichung durchläuft dieser Bericht eine Begutachtungsprozedur. Er ist im Buchhandel erhältlich und kann auch über das Internet gelesen werden (www.ipcc.ch). Quintessenz dieses Werkes ist, dass der Mensch seit der Industrialisierung das

Klima beeinflusst hat und es in Zukunft noch stärker beeinflussen wird.

Fast rituell erschien zeitgleich mit den letzten beiden IPCC-Berichten jeweils ein Buch – von international eher unbekanntem Autoren und ohne wissenschaftliche Begutachtung –, das diesen IPCC-Befund anzweifelte, da er die Sonnenaktivität nicht hinreichend berücksichtigte. Der Tenor lautete, die beobachtete Erwärmung sei auf Variationen der Sonneneinstrahlung zurückzuführen, und es habe auch früher schon Warm- und Kaltzeiten gegeben, die das, was der Mensch verursachen könne, in den Schatten stellten.

Dieser auf den ersten Blick harmlos anmutende wissenschaftliche Disput hat handfeste politische Konsequenzen:

Seit kurzem liegt der dritte Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change vor. Und so haben sich, wie auf die beiden ersten Berichte, wieder jene Kritiker gemeldet, die den Einfluss des Menschen auf das Klima nicht wahrhaben wollen und die beobachtete Erwärmung auf eine veränderte Sonneneinstrahlung zurückführen. Im folgenden Beitrag erläutert **ULRICH CUBASCH** vom **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METEOROLOGIE** in Hamburg, was von dieser „Solarhypothese“ zu halten ist.

Wenn das IPCC Recht hat, dann muss man durch geeignete Maßnahmen den Einfluss des Menschen auf das Klima reduzieren, um es zu stabilisieren. Liegen aber die Vertreter der Solarhypothese richtig, dann braucht die Menschheit nichts zu unternehmen. Vor diesem Hintergrund ist auch die „kleine Anfrage“ an die Bundesregierung im Frühsommer dieses Jahres zu sehen (<http://dip.bundestag.de/btd/14/065/1406529.pdf>).

Nun ist es nicht so, wie von den Vertretern der Solarhypothese vermutet, dass die anderen Klimaforscher den Effekt der Sonne aus Unwissenheit vernachlässigen oder absichtlich ignorieren. Verschiedene Forschergruppen beschäftigen sich damit schon seit langem, und ihre Erkenntnisse sind mit in den IPCC-Bericht eingeflossen; es wird sogar explizit auf die Kritikpunkte der Vertreter der Solarhypothese eingegangen.

Um das Dreiecksverhältnis zwischen Sonne, Mensch und Klima realistisch einzuschätzen, muss man zunächst das Klimasystem und seine Komponenten betrachten. Im Lehrbuch steht: Das geographische Klima ist die für einen Ort, eine Landschaft oder einen größeren Raum typische Zusammenfassung der erdnahen und die Erdoberfläche beeinflussenden atmosphärischen Zustände und Witterungsvorgänge während eines längeren Zeitraums – gekennzeichnet durch eine charakteristische Verteilung der häufigsten, mittleren und extremen Werte. Die Atmosphäre ist kein isoliertes System, sondern steht mit der Hydrosphäre (Ozean und Wasserkreislauf), der Kryosphäre (Eis und Schnee), der Biosphäre (Pflanzen und Tiere), der Pedosphäre (Boden) und der Lithosphäre (Gestein) in Wechselwirkung. Diese „Sphären“ bilden die Subsysteme des Klimasystems.

Die unterschiedlichen Zeitskalen, in denen die Klimasubsysteme schwanken, bestimmen die Dynamik des Klimasystems. Die Schwankungen des Subsystems Atmosphäre beispielsweise sind gemeinhin als „Wetter“ bekannt: Wolken und Luftdruckgebiete verändern sich innerhalb weniger Stunden und Tage. Die Tiefenströmungssysteme der Ozeane oder die Zustände großer Eismassen dagegen wandeln sich in Zeitskalen von Jahrhunderten bis Jahrtausenden. Die Schwankungen innerhalb der Sphären sowie die gegenseitige Beeinflussung der Klimasubsysteme bezeichnet man als „Klimarauschen“. Im Klimasystem können kleine interne Störungen durch nicht-lineare Wechselwirkungen potenziell große Wirkungen hervorrufen.

Außerdem spielen auch externe Anregungsfaktoren mit. Dazu gehören Veränderungen in der Sonneneinstrahlung, bedingt dadurch, dass sich die Bahn der Erde um die Sonne sowie die Lage der Erdachse mit der Zeit ändern. Auch ist die Sonneneinstrahlung zeitlich nicht konstant, sondern unterliegt Schwankungen. Und schließlich zählt der Vulkanismus zu den externen Antrieben, die in der aktuellen Klimadebatte den anthropogenen Faktoren – also dem zusätzlichen Treibhauseffekt und der Schadstoffbelastung der Atmosphäre – gegenübergestellt werden. Doch wird dabei oft vergessen, die einschlägigen Zeitskalen zu berücksichtigen – und das bringt allerlei Verwirrung in die Schlussfolgerungen.

FLECKEN IM 11-JAHRES-RHYTHMUS

Die Bahnparameter und die Lage der Erdachse unterliegen den Gesetzen der Physik, sie bergen keine Überraschungen. Anders die veränderliche Sonnenintensität: Schon seit dem Mittelalter weiß man, dass Sonnenflecken in einem 11-Jahres-Rhythmus auftreten. Zahl und Größe der Flecken wurden seit dem 17. Jahrhundert regelmäßig an vielen Sternwarten aufgezeichnet. Doch zeigten erst Satellitenmessungen, dass die Sonnenflecken mit der Intensität der Sonneneinstrahlung zu tun haben: Mit der Fleckenzahl steigt auch die Strahlungsintensität der Sonne.

Direkte Messungen der Sonnenstrahlung liefern seit etwa 20 Jahren verschiedene Satelliten – und das unabhängig von Fehlern, die durch Absorption in der Atmosphäre entstehen. Schon früher hatten Aufzeichnungen der Sonnenflecken gezeigt, dass es neben dem 11-Jahres-Zyklus (Schwalbe-Zyklus) auch eine etwa 80-jährige Periodizität – den Gleissberg-Zyklus – gibt, den man auch bei sonnenähnlichen Sternen beobachtet hat. Der 11-Jahres-Zyklus macht eine Schwankungsbreite von etwa 0,10 Prozent der Solarkonstante aus, der Gleissberg-Zyklus etwa 0,24 bis 0,30 Prozent. Und es gibt noch eine Reihe weiterer Zyklen, die man in Daten für die Solarintensität – in ^{14}C und ^{10}Be -Schwankungen in Baumringen und Eisbohrkernen – sowie bei sonnenähnlichen Sternen findet.

Verschiedene Forschergruppen bemühen sich, aus den Sonnenflecken und weiteren Parametern – etwa der Länge des Sonnenfleckenzyklus, der Anzahl der Sonnenflecken, des veränderlichen Durchmessers der Sonne sowie aus dem Vergleich mit sonnenähnlichen Sternen – und mittels solar-dynamischer Modelle die historische und zukünftige Schwankung der Sonnenstrahlung zu

bestimmen. Abbildung 1 zeigt entsprechende Ergebnisse verschiedener Forschergruppen für die letzten 1000 Jahre. Sie weisen, je weiter es in der Zeit zurückgeht, deutliche Unterschiede und sogar unterschiedliche Vorzeichen auf.

Mit diesen Solardaten kann man die Klimamodelle „antreiben“ und die Rechnungen mit Beobachtungen vergleichen, um sich ein Bild zu machen, wie gut die Simulationen sind. Der Übersichtlichkeit halber betrachtet man jeweils die Ergebnisse für verschiedene Zeiträume.

Für die Zeit von 1980 bis 2000 liegen Satellitenmessungen vor, die gesicherte direkte Informationen über die Solarvariabilität liefern, und es gibt Beobachtungen, die einen Effekt der Solarvariabilität auf die Zirkulation der hohen Atmosphäre beschreiben. So fand man, dass in allen Monaten des Jahres in der geopotenziellen Höhenfläche der unteren Stratosphäre – in der Schicht von 16 bis 30 Kilometer Höhe – südlich von ungefähr 50 Grad Nord ein konsistentes Muster auftritt, das sich im 11-Jahres-Zyklus der Sonnenflecken hebt und senkt. Dieses Muster verschiebt sich mit den Jahreszeiten in Richtung der Meridiane, also der Längengrade. Die Stratosphäre reagiert auf die schwankende Sonnenstrahlung in Abhängigkeit von der Phasenlage der QBO (quasi-biannual oscillation: einer Windumkehrung in der Stratosphäre mit einer annähernd zweijährigen Periode) unterschiedlich stark. In der östlichen Phase der QBO ist der Effekt stärker als in der westlichen Phase.

Am Boden lässt sich eine Temperaturvariation mit dem 11-Jahres-Zyklus nicht sicher nachweisen; doch gibt es Anzeichen, dass die geänderte Stratosphäre die Troposphäre beeinflusst. Auch im Ozean finden sich Hinweise auf eine Wirkung des 11-jährigen Sonnenflecken-Zyklus.

Um diese Effekte wirklichkeitsnah „nachzuspielen“, muss man die Klimamodelle mit einer hoch auflösenden Darstellung der Stratosphäre versehen. Derartige Modelle, die jüngst auch die QBO simulieren, wurden in den vergangenen Jahren entwickelt. Sie stellen extreme Anforderun-

gen an die Großrechner, sodass man bisher nur Einzelfälle durchrechnen konnte.

Eine positive Rückkopplung und damit eine Verstärkung des solaren Signals wird derzeit in der Fachliteratur diskutiert, und dazu liegen erste Modellergebnisse vor: In Zeiten mit überdurchschnittlicher Sonneneinstrahlung verschiebt sich das Spektrum des Sonnenlichts in den UV-Bereich. Das führt zu einer deutlichen Erwärmung der Stratosphäre infolge der verstärkten Absorption der UV-Strahlung durch das stratosphärische Ozon. Gleichzeitig entsteht zu Zeiten erhöhter UV-Strahlung auch mehr Ozon, das wiederum mehr Sonnenstrahlung absorbiert. Insgesamt verändert dieser Effekt die Vertikalstruktur der Atmosphäre und beeinflusst damit nicht nur die stratosphärische, sondern auch die troposphärische Zirkulation, was für längerfristige Wetterprognosen von Bedeutung sein kann.

INTERAKTIVES CHEMIEMODELL

Um diesen Effekt vollständig zu erfassen, muss man ein interaktives Chemiemodell und eine spektral hoch auflösende Strahlungsparameterisierung an die Klimamodelle anknüpfen. Das wird derzeit in einigen Forschungslabors durchgeführt und vom Bundesforschungsministerium im Programm AFO 2000 unterstützt.

Ein heftig diskutiertes Problem stellt der Einfluss von interstellaren Teilchenströmen dar, die von der Sonnenaktivität abhängen. Einige Veröffentlichungen zeigen, dass diese Teilchenströme auf die Bewölkung wirken und damit das Klima beträchtlich – mit etwa 1,5 Watt/m² – beeinflussen könnten. Andere Publikationen stellen diese Hypothese in Frage, denn der dahinter vermutete physikalische Mechanismus konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Auch ist die Korrelation zwischen Temperaturänderung und Sonnenzyklus in den vergangenen fünf Jahren schwächer geworden. Der Teilcheneffekt wird zurzeit nicht in Modellen berücksichtigt, da dafür noch keine ge-

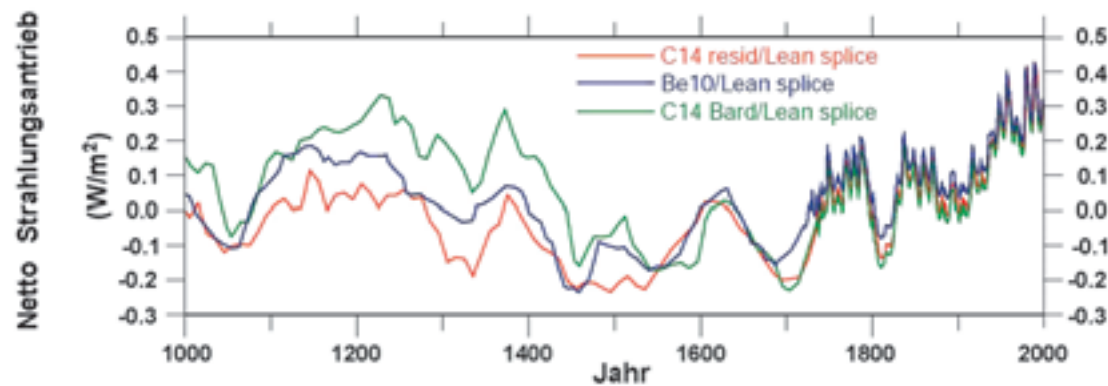


Abb. 1: Beispiel für Rekonstruktionen der solaren Variabilität (Abweichung vom Mittelwert), die auf Messungen von Isotopen des Kohlenstoffs und des Berylliums beruhen. Sie werden ab Mitte des 17. Jahrhunderts durch die Rekonstruktionen aus Beobachtungen der Sonnenflecken und in den vergangenen 20 Jahren durch direkte Satellitenmessungen ergänzt. Man sieht deutlich, dass die Rekonstruktionen umso weiter auseinander laufen, je weiter man in der Zeit zurückgeht, und dass sogar Unterschiede in den Vorzeichen auftreten.

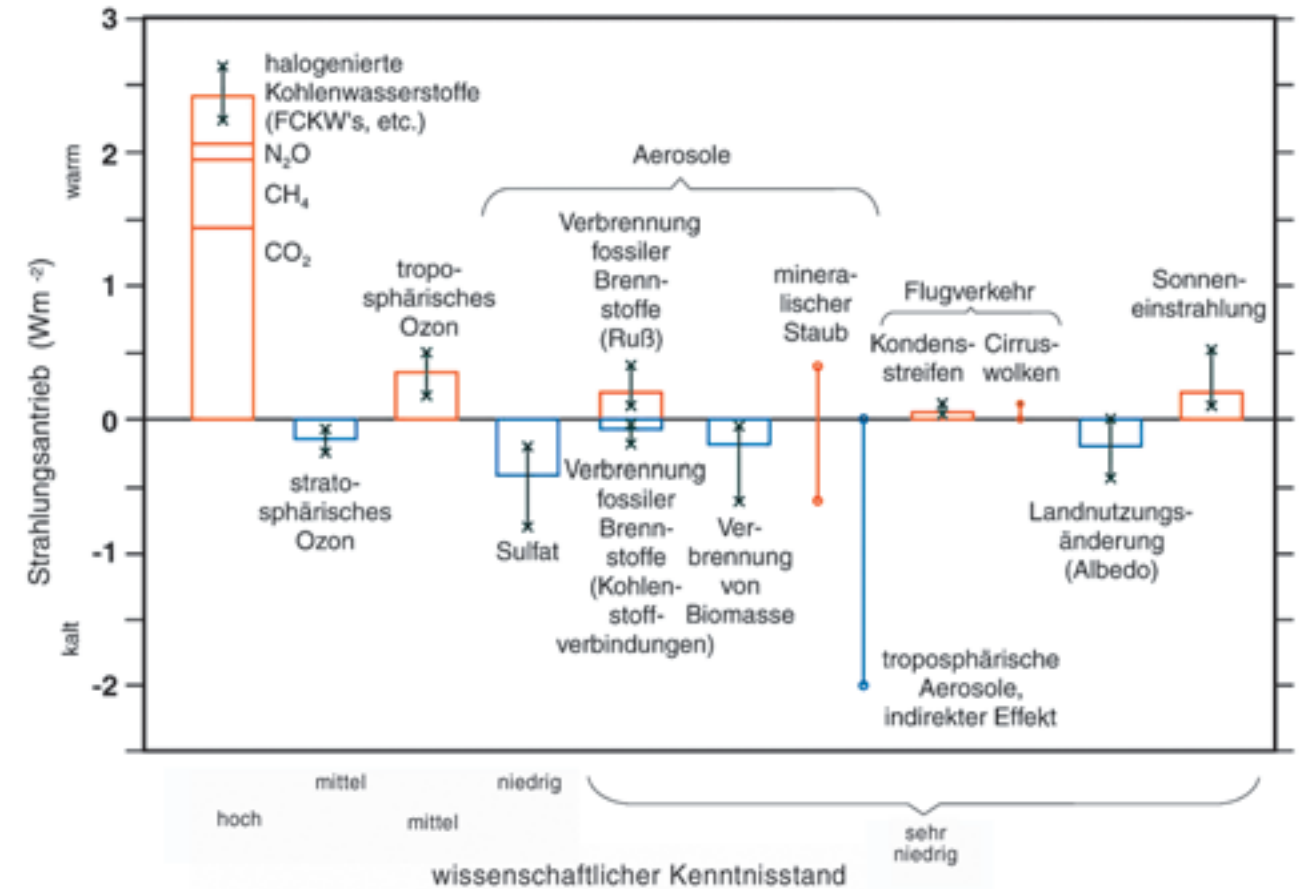


Abb. 2: Die Strahlungsantriebe des Klimasystems für das Jahr 2000, relativ zum Jahr 1750: Änderungen in den Strahlungsantrieben rühren von Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre, in der Landnutzung und der Sonneneinstrahlung her. Menschliche Aktivitäten beeinflussen jeden dieser Faktoren – mit Ausnahme der Sonnenaktivität. Die Balken geben den Beitrag der einzelnen Faktoren zum Antrieb an: Einige bewirken eine Erwärmung, einige eine Abkühlung. Änderungen des Antriebs durch Vulkanismus sind nur episodisch, erzeugen also eine nur wenige Jahre dauernde Abkühlung und werden deshalb hier nicht gezeigt. Die vertikale Linie an jedem Balken zeigt die Unsicherheit der Abschätzung. Der wissenschaftliche Erkenntnisstand für die verschiedenen Antriebsfaktoren ist unterschiedlich hoch.

sicherte wissenschaftliche Grundlage besteht. Es gibt jedoch Pläne, diese Hypothese bei CERN im Strahlenlabor zu überprüfen (Projekt CLOUD, im Internet unter: <http://xxx.lanl.gov/abs/physics/0104048>).

Bei den Modellierern wuchs das Interesse an der Rolle der Sonneneinstrahlung im Zusammenhang mit der Frage des anthropogenen Einflusses auf das Klima. Man möchte überprüfen, ob die beobachtete Klimaänderung durch die (natürlichen) Solarschwankungen oder durch menschliche Aktivitäten hervorgerufen wurde. Diese Veränderungen spielen sich auf Zeitskalen ab, die länger als der 11-Jahres-Zyklus sind. Die Amplitude des 11-Jahres-Zyklus (etwa ein Drittel des 80-jährigen Gleissberg-Zyklus) sowie sein UV-Anteil (davon sieben Prozent) sind klein gegenüber den Unsicherheiten, die entstehen, wenn man die Solarvariabilität aus Isotopen-Zeitreihen des Berylliums und Kohlenstoffs sowie den Sonnenflecken herleitet (Abb. 1). Deshalb, und auch aus ökonomischen Gründen, werden die im vorhergehenden Abschnitt genannten Effekte nicht explizit „in Rechnung gestellt“.

Die Sonnenstrahlungsvariationen des 80-jährigen Gleissberg-Zyklus führen zu einer Variabilität der an der Erdoberfläche absorbierten Sonneneinstrahlung von 0,50 bis 0,75 Watt/m². Diese Zahl muss man im Vergleich zu der Abschätzung des Strahlungsantriebs durch das Anwachsen der anthropogenen Treibhausgase von der vorindustriellen Zeit (1850) bis heute sehen – der ungefähr 2,4 Watt/m² (Abb. 2) ausmacht.

Berechnungen mit Klimamodellen zeigen, dass Änderungen im solaren Strahlungsantrieb die Oberflächentemperatur der Erde in der Größenordnung von einigen zehntel Grad beeinflussen können. Allerdings machen diese Rechnungen auch deutlich, dass die von der Sonne ausgelösten Änderungen nicht ausreichen, die beobachtete Erwärmung des vergangenen Jahrhunderts zu reproduzieren, sondern sie nur zu etwa 20 bis 30 Prozent erklären. Den besten Erfolg hat man, wenn man Sonnenvariabilität, Vulkanismus und den anthropogenen Einfluss gleichermaßen berücksichtigt (Abb. 3). Eine weitere Möglichkeit festzustellen, inwieweit die beobachtete Klima-

änderung anthropogenen oder solaren Ursprungs ist, bietet die „Fingerabdruck-Methode“. Sie bedient sich des Umstands, dass der Treibhauseffekt ein etwas anderes Erwärmungsmuster in der Horizontalen und der Vertikalen erzeugt als eine vermehrte Sonneneinstrahlung. Und auch hier zeigt sich deutlich, dass in den vergangenen Jahrzehnten das anthropogene Muster überwog.

So kommt das IPCC zu der Schlussfolgerung: „The balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate.“ Und weiter: „In the light of new evidence and taking into account the remaining uncertainties, most of the observed warming over the last 50 years is likely to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations.“

Mittlerweile sind die Rechenanlagen so schnell geworden, dass man die Modelle, mit denen man vor fünf Jahren die 100-jährigen Klimahochrechnungen durchgeführt hat, auch für die Simulation des Klimageschehens der letzten 1000 Jahre einsetzen kann. Man geht davon aus, dass zu Beginn dieses Zeitraums der Einfluss des Menschen, global gesehen, gering war. Zwar gibt es keine

direkten Temperaturmessungen, doch eine Vielfalt von Aufzeichnungen (Ernteerträge, Deichreparaturkosten, Segelzeiten von Schiffen) sowie Proxy-Daten (also etwa Baumringe oder Sedimentbohrkerne), aus denen man das historische Klima rekonstruieren kann. Eine in diesem Jahr erschienene Arbeit präsentiert eine Berechnung des Klimas der vergangenen 1000 Jahre mit einem eindimensionalen Klima-Modell, wobei die Sonnenaktivität und der Vulkanismus, beide aus Proxy-Daten hergeleitet, als Antrieb vorgeschrieben werden. Mit diesem Modell ist man in der Lage, die globale Temperaturentwicklung zu simulieren (Abb. 4).

DREIDIMENSIONALE SIMULATIONEN

Diese Antriebsdaten werden in dem Projekt KIHZ (Klimaänderungen in historischen Zeiten) der Helmholtz-Gesellschaft unter Federführung des GKSS-Forschungszentrums und mit Beteiligung des Max-Planck-Instituts für Meteorologie genutzt, um ein volles dreidimensionales Klima-Modell anzutreiben. Das gestattet unter anderem, die europäische Temperaturverteilung am Ende des

Maunder-Minimums realistisch zu simulieren. Eine wesentliche Ursache dieser kleinen Eiszeit scheint im Wechselspiel zwischen Solarvariabilität, Vulkanismus und Atmosphäre-Ozean-Meereis-Kopplung zu liegen.

Derartige dreidimensionale Simulationen bieten eine Möglichkeit, vereinzelte Proxy-Daten zusammenzufassen und globale Klimazusammenhänge in zeitlicher Abfolge darzustellen. Sie sind damit nicht nur für die Klimaforscher und Geologen, sondern auch für die Geschichtswissenschaftler interessant.

Rechnet man noch weiter in die Erdgeschichte zurück, so muss man auch die Änderung der Erdbahnparameter sowie die Kontinentaldrift berücksichtigen. Und es geht um die Frage, welche Rückkopplungsmechanismen zusammenspielen müssen, um aus den Strahlungsänderungen große Klimaschwankungen wie zum Beispiel Eiszeiten zu erzeugen. Bisher hat man mit den vollen komplexen Modellen nur Episoden (zum Beispiel 1000 Jahre Eem, also die letzte Warmzeit vor 130.000 Jahren) rechnen können; mit weniger komplexen Modellen lässt sich wegen fehlender Prozesse der Klimaablauf nicht vollständig nachbilden. Auch hier stellt sich das Problem von punktuellen Proxy-Messdaten, die man gerne mit einem dreidimensionalen Modell zusammenfassen möchte. Der Rechenaufwand ist erheblich, andererseits aber vergleichbar mit Aufwendungen für geologische Messkampagnen. Eine Überlegung ist, durch Modell-Rechnungen die geologische Datenerfassung zu optimieren. Häufig wird in der Diskussion über den Klimawandel derzeitiges und

Abb. 4: Die Änderung der global gemittelten bodennahen Lufttemperatur in Bezug auf das Jahr 1990. Vom Jahr 1000 bis zum Jahr 1860 wurde nur die Nordhemisphäre gemittelt, da für die Südhemisphäre keine Daten vorliegen. Die Daten für diesen Zeitraum wurden aus Baumringen, Korallen, Eisbohrkernen und historischen Überlieferungen abgeleitet. Die rote Linie zeigt das 50-Jahres-Mittel, das graue Band das 95-Prozent-Vertrauensintervall der Jahresdaten. Von 1860 bis 2000 sieht man die mit Instrumenten gemessenen Werte, die rote Linie zeigt das 10-Jahres-Mittel. Vom Jahr 1990 bis zum Jahr 2100 wird die Temperaturhochrechnung für sechs Standard-SRES-Szenarien sowie das IS92a-Szenarium des vorletzten IPCC-Berichts gezeigt, die auf einem Modell mittlerer Klimasensitivität beruhen. Das graue Band mit der Bezeichnung „alle Szenarien, alle Modelle“ zeigt die Ergebnisbandbreite, wenn man alle 35 SRES-Szenarien und alle unterschiedlichen Modelle in Betracht zieht. Ebenfalls eingezeichnet: Das Ergebnis zweier Simulationen mit einem Energiebilanzmodell (blaue und beige Kurve), die verschiedene Abschätzungen (¹⁴C, ¹⁰Be) für solare Schwankungen und Vulkanismus sowie die beobachtete CO₂-Konzentration als Eingangsparameter nutzen. Man erkennt deutlich die durch Vulkanismus ausgelösten kurzzeitigen negativen Temperaturabweichungen sowie den Anstieg Ende des 20. Jahrhunderts.

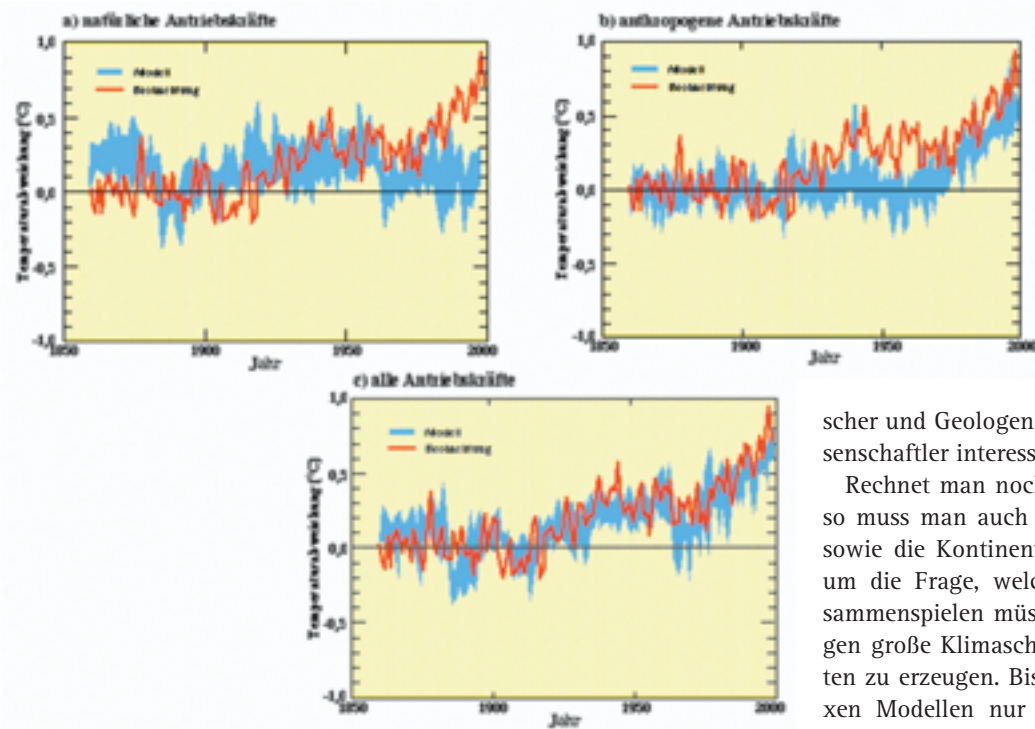
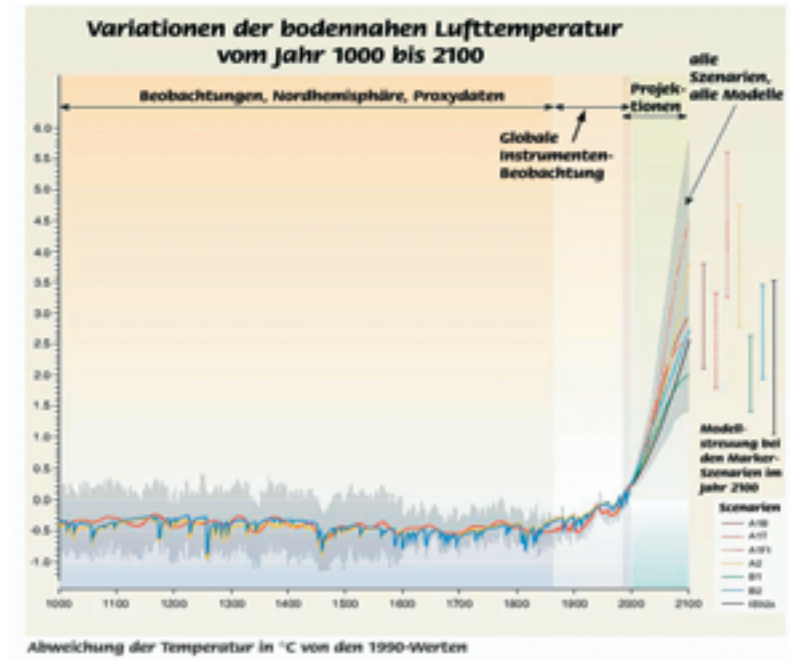


Abb. 3: Man kann Klimamodelle nutzen, um getrennt die Temperaturänderungen zu berechnen, die durch natürliche oder anthropogene Ursachen hervorgerufen werden. Abb. 3a zeigt nur die natürlichen Antriebe, also die solare Variabilität und den Vulkanismus. Abb. 3b weist die anthropogenen Anteile (Treibhausgase und Sulfat-Aerosole) aus. Abb. 3c stellt sowohl natürliche als auch anthropogene Faktoren dar. Das blaue Band gibt die Modellhochrechnungen einschließlich einer Abschätzung ihrer Unsicherheiten wieder, die rote Kurve den beobachteten Klimaverlauf. Man erhält die beste Annäherung an die Beobachtungskurve, wenn man sowohl anthropogene als auch natürliche Antriebsfaktoren berücksichtigt.

zukünftiges Klima verwechselt. Um die zukünftige Klimaentwicklung zu berechnen, wurden so genannte Szenarien entworfen, die das Bevölkerungswachstum, die Industrialisierung sowie den Energieverbrauch und Energiemix der nächsten 100 Jahre prognostizieren. Diese Abschätzungen rechnet man in Änderungen von Treibhausgaskonzentrationen um, mit denen man dann die Klimamodelle „füttert“. Die derzeit gültigen, von einer UN-Tochterorganisation herausgegebenen Szenarien liefern je nach ihren unterschiedlichen Vorgaben Temperaturprojektionen von 1,4 bis 5,8 Grad Celsius über dem derzeitigen Niveau (Abb. 4). Der Maximalwert dieser Projektionen liegt um fast eine Größenordnung höher als das, was die Vertreter der Solarhypothese für die solaren Effekte der vergangenen 100 Jahre veranschlagen (etwa 0,6 Grad Celsius), und er übersteigt auch das, was man für die Warmzeit im Mittelalter rekonstruiert hat. Man kann also aus den Unsicherheiten in der Berücksichtigung der Sonnenintensität kein Argument dagegen ableiten, Maßnahmen zur Stabilisierung der Treibhausgase zu ergreifen.

Im Rahmen der Forschungen zur anthropogenen Klimabeeinflussung zeigte sich schon vor Jahren, dass man auch mehr über die Sonnenvariabilität und ihre Auswirkungen auf das Klima wissen muss. Es wurden deshalb Forschungsinitiativen entwickelt, um den Schwankungen der Solarintensität auf die Spur zu kommen, so etwa durch weitere Satelliten-Messungen, durch verbesserte Sonnen- und Klimamodelle sowie durch vermehrte Sammlung von Proxy-Daten.

Dank des vom BMBF finanzierten Ausbaus des Deutschen Klimarechenzentrums wächst inzwischen auch die Leistung der Rechner. Das macht es möglich, die Stratosphäre in Modellen feiner aufzulösen, die Chemie interak-

tiv zu errechnen und längere Simulationen durchzuführen. Verschiedene BMBF-Projekte (AFO 2000, DEKLIM), ferner EU-Projekte sowie das HGF-Projekt KIHZ bringen die Modellierer und Geologen zusammen und schaffen damit die Voraussetzungen, die Klimaproblematik interdisziplinär anzugehen. Außerdem werden Projekte geplant, die das Zusammenspiel des interstellaren Teilchenflusses mit dem Klima ergründen wollen.

Es werden noch einige Jahre vergehen, ehe zu allen Fragen in Sachen Klima, Sonne und Mensch gesicherte Antworten vorliegen. Auch auf diesem Forschungsfeld, wie in jeder Wissenschaft, müssen immer wieder Einzelergebnisse und Arbeitshypothesen hinterfragt werden. Die naive – oder bewusste? – Missinterpretation solcher kritischer Forschung sowie die Verwechslung von „Hypothesen“ mit „Fakten“ hat in letzter Zeit zu einiger Verwirrung geführt und den falschen Eindruck erweckt, die Klimaforschung und ihre Erkenntnisse seien als Ganzes in Frage zu stellen.



DR. HABIL. ULRICH CUBASCH leitet die Gruppe „Modelle und Daten“ am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Sein Interesse gilt der Aufgabenstellung, historische und aktuelle Klimaschwankungen mittels dreidimensionaler Modelle des Klimasystems möglichst realistisch zu berechnen und diese Modelle dazu zu nutzen, um Hochrechnungen für die zukünftige Klimaentwicklung durchzuführen. Cubasch war federführend an der Erstellung der IPCC-Berichte der Arbeitsgruppe I – „The scientific basis of climate change“ beteiligt – und ist Mitautor des Buchs „Anthropogener Klimawandel“. Die Gruppe „Modelle und Daten“ ist ein vom BMBF gefördertes Projekt zur Unterstützung der Klimaforschung in Deutschland.