

UND SIE ERWÄRMT SICH DOCH



Was steckt hinter
der Debatte um den
Klimawandel?

Seit Beginn der Industrialisierung verändert die Menschheit die Zusammensetzung der Atmosphäre. Durch Energieerzeugung, Industrie, Landwirtschaft und Verkehr gelangen Treibhausgase wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas in die Luft und reichern sich dort an. So stieg die Konzentration von Kohlendioxid in diesem Zeitraum um mehr als ein Drittel. Die rapide Zunahme von Treibhausgasen in der Atmosphäre führt zur Erwärmung des Klimas. Wenn es nicht gelingt, diese Emissionen entscheidend zu mindern, wird sich das Klima innerhalb kurzer Zeit stark ändern. Schon lange warnt die Klimaforschung vor einer drohenden Klimaerwärmung, die für die – an die heutigen klimatischen Verhältnisse angepasste – menschliche Gesellschaft große Gefahren birgt.

Im Gegensatz dazu gibt es einen Personenkreis, der die Erkenntnisse der Klimawissenschaft nicht anerkennt, die sogenannten „Klimawandelskeptiker“ oder kurz „Klimaskeptiker“. Obwohl in den meisten Fällen fachfremd, stellen sie eine breite Palette an Gegenthesen zum heutigen Kenntnisstand der Klimaforschung auf. Der Ton, den die „Klimawandelskeptiker“ in der Auseinandersetzung mit der Klimawissenschaft anschlagen, geht nicht selten über das Maß einer sachlich-kritischen Diskussion hinaus. Zuweilen steht die Klimawissenschaft in der öffentlichen Diskussion regelrecht unter Beschuss. Die Medien zeichnen wiederholt das Bild gegensätzlicher Auffassungen in der Klimaforschung. Dabei ist sich die wissenschaftliche Gemeinschaft über die Ursachen der Klimaerwärmung weitgehend einig.

Wer mehr über die Thesen der „Klimawandelskeptiker“ und die Entgegnungen der Fachleute erfahren möchte, findet in unserer Broschüre detaillierte Informationen und umfangreiches Faktenmaterial. Außerdem zeigen wir, wie gezielt Zweifel am Kenntnisstand der Klimawissenschaft verbreitet und Klimawissenschaftler in Misskredit gebracht wurden. Leserinnen und Leser, die an Fakten und Zusammenhängen aus Naturwissenschaft und Meteorologie Interesse haben, kommen ebenso auf ihre Kosten.

UND SIE ERWÄRMT SICH DOCH



Was steckt hinter
der Debatte um den
Klimawandel?

A

Fragen zu den Grundlagen der Klimawissenschaft, die immer wieder gestellt werden

INHALT

- 7 Was ist eigentlich Klima?
- 11 Was sind die Ursachen von Klimaänderungen?
- 17 Wie groß ist der beobachtete weltweite Temperaturanstieg?
- 21 Wird das Klima extremer? Sind die sich häufenden Überschwemmungen ein Indiz dafür?
- 27 Ist der menschliche Beitrag zur globalen Erwärmung nicht sehr gering und daher unbedeutend?
- 33 Ist die Änderung der Sonnenstrahlung nicht der wesentliche Faktor bei Klimaänderungen?
- 41 Ist Wasserdampf nicht ein viel wichtigeres Treibhausgas als Kohlendioxid?
- 47 Ist der vulkanische CO₂-Ausstoß nicht bedeutender als der des Menschen?
- 53 Ist die globale Erwärmung seit 1998 zum Stillstand gekommen?
- 59 Sind die Gletscher wirklich global auf dem Rückzug und ist ein Gletscherrückgang ein Zeichen für eine Klimaänderung?

B

Entstehung und gezielte Verbreitung von Zweifeln an den wissenschaftlichen Erkenntnissen zur anthro- pogenen Klimaerwärmung

- 65 Ist die globale Erwärmung nicht durch Messungen in den Städten und den dortigen „Wärmeinseleffekt“ nur vorgötäuscht?
- 69 Sind die „CO₂-Absorptionsbanden“ nicht weitgehend gesättigt?
- 73 Wie kann man überhaupt das Klima vorhersagen, wenn schon eine Wettervorhersage für zwei Wochen im Voraus nicht stimmt?
- 79 Warum sollte man den Ergebnissen von Klimamodellen vertrauen?
- 83 Ist ein wärmeres Klima nicht generell von Vorteil?
- 87 Sind die Berichte des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) eine zuverlässige und objektive Quelle zur Einschätzung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes?
- 93 Übertreiben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Gefahren des Klimawandels, um mehr Forschungsmittel zu bekommen?
- 98 Konsens in der Wissenschaft – Scheindebatten in der Öffentlichkeit
- 100 Die Erkenntnisse der Union of Concerned Scientists über die Verbreitung von Zweifeln und Falschinformationen
- 107 Klimaforscherinnen und -forscher nach Diebstahl von E-Mails unter öffentlicher Kritik
- 109 Angriffe auf den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC)
- 111 „Klimawandelskeptiker“ in Deutschland
- 114 Schlussbemerkungen
- 116 Beispiele für Informationsquellen
- 117 Quellen
- 120 Impressum

A

—

Fragen zu den Grundlagen der Klimawissenschaft, **die immer wieder gestellt werden**

In den folgenden *Fragen 1 bis 4* erläutern wir grundlegende Begriffe und Zusammenhänge der Klimawissenschaft. Die *Fragen 5 bis 17* werden immer wieder von Menschen aufgeworfen, die an den Erkenntnissen der Klimawissenschaft zweifeln oder die wissenschaftlichen Resultate gar nicht anerkennen. Zu diesen Fragen nehmen wir ausführlich Stellung.

1

Was ist eigentlich Klima?

Was ist eigentlich Klima?

Klima ist der mittlere Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem bestimmten Gebiet über einen längeren Zeitraum. Als Zeitspanne für Untersuchungen des Klimas empfiehlt die Weltorganisation für Meteorologie (WMO – World Meteorological Organization) mindestens 30 Jahre, aber auch Betrachtungen über längere Zeiträume wie Jahrhunderte und Jahrtausende sind bei der Erforschung des Klimas gebräuchlich.

Täglich reden wir über das Wetter, beinahe täglich über das Klima und etwas seltener über die Witterung. Aber welche Unterschiede machen die Meteorologen eigentlich zwischen diesen Begriffen?

Wetter ist der physikalische Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem Gebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt oder in einem kurzen Zeitraum von Stunden bis hin zu wenigen Tagen. Dieser Zustand wird durch meteorologische Größen beschrieben, die an den meteorologischen Beobachtungsstationen regelmäßig gemessen und aufgezeichnet werden. Dazu zählen unter anderem Lufttemperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Windrichtung, Luftfeuchte, Bewölkung und Niederschlag.

Als Witterung bezeichnen die Meteorologen den durchschnittlichen Charakter des Wetterablaufs an einem Ort oder in einem Gebiet über mehrere Tage bis zu mehreren Wochen. Der Definition des Klimas hingegen liegt ein wesentlich längerer Zeitraum zugrunde.

Klima ist der mittlere Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort oder in einem bestimmten Gebiet über einen längeren Zeitraum. Als Zeitspanne für Untersuchungen des Klimas empfiehlt die Weltorganisation für Meteorologie mindestens 30 Jahre, aber auch Betrachtungen über längere Zeiträume wie Jahrhunderte und Jahrtausende sind bei der Erforschung des Klimas gebräuchlich. Das Klima wird durch statistische Eigenschaften der Atmosphäre charakterisiert, wie Mittelwerte, Häufigkeiten, Andauer und Extremwerte meteorologischer Größen (Temperatur, Niederschlag und weitere).

Wir fassen zusammen, dass den Kategorien Wetter, Witterung und Klima sehr unterschiedliche Zeiträume zugrunde liegen. So kann etwa aus drei aufeinander folgenden heißen Sommern nicht auf eine Erwärmung des Klimas geschlossen werden. Auch bedeutet eine Reihe von kühlen Jahren in einem Jahrzehnt nicht unbedingt, dass sich das Klima abkühlt. Das könnte der Fall sein, wenn sich die Abkühlung über mehrere Jahrzehnte hinweg fortsetzt.

Umgekehrt können auch Klimadaten nicht als Wetter und Witterung interpretiert werden. Diese Daten werden meist nicht nur über lange Zeiträume, sondern auch sehr großräumig gemittelt, häufig über die ganze Erde. Folgende Beispiele veranschaulichen die Größenordnung globaler Temperaturreferenzmittel: Der Unterschied im globalen Temperaturreferenzmittel zwischen dem Höhepunkt der letzten Vereisung vor circa 21.000 Jahren und dem heutigen Klima beträgt etwa 4 bis 7°C (*IPCC 2007, S. 435*). Während der letzten Vereisung waren große Teile Europas, Asiens und Nordamerikas von gewaltigen Eisschilden bedeckt. Ein auf den ersten Blick relativ gering erscheinender Anstieg der globalen Mitteltemperatur ist mit erheblich größeren regionalen Temperaturschwankungen verbunden. So könnte ein Anstieg der globalen Mitteltemperatur um zwei bis vier Grad Celsius gegenüber vorindustriellem Niveau schwerwiegende Folgen haben. Beispielsweise könnte das Grönlandische Eisschild in den kommenden Jahrhunderten abschmelzen. Ein vollständiges Abschmelzen des Grönlandischen Eisschildes wäre mit einem Meeresspiegelanstieg von bis zu sieben Metern und enormen Problemen in küstennahen Gebieten verbunden.

2

Was sind die *Ursachen* von *Klima- änderungen?*

2

Was sind die Ursachen von Klimaänderungen?

Klimaänderungen haben verschiedene Ursachen. Dazu zählen Änderungen der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung, Änderungen der an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre reflektierten Sonnenstrahlung, Änderungen der in den Weltraum abgegebenen Wärmestrahlung sowie die interne Klimavariabilität.

Motor des Klimas der Erde ist die Strahlung der Sonne. Von der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung wird ein Teil durch Wolken, Bestandteile der Luft und die Erdoberfläche reflektiert und in Richtung Weltraum zurück gestrahlt. Ein weiterer Teil wird an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre in Wärmestrahlung umgesetzt. Ein Teil dieser Wärmestrahlung wird wiederum an den Weltraum abgegeben. Laut Energieerhaltungssatz ist das Verhältnis zwischen ankommender und abgehender Strahlung ausgeglichen: Die von der Erde ins All abgestrahlte Wärmestrahlung muss die ankommende Sonnenstrahlung (abzüglich des durch Wolken und Luftbestandteile reflektierten Anteils) im Mittel ausgleichen. Wenn dieses Verhältnis – verursacht durch bestimmte Prozesse und Faktoren – nicht mehr im Gleichgewicht ist, ändert sich das Klima so lange, bis sich ein neuer Gleichgewichtszustand einstellt und die Energiebilanz wieder ausgeglichen ist (*Rahmstorf und Schellnhuber 2007*).

Zu den oben genannten Prozessen und damit den wesentlichen Ursachen von Klimaänderungen gehören:

- Änderungen der ankommenden Sonnenstrahlung;
- Änderungen der reflektierten Sonnenstrahlung;

- Änderungen der in den Weltraum abgegebenen Wärmestrahlung;
- Interne Variabilität des Klimasystems.

Die Sonnenstrahlung schwankt in sehr langen und auch kürzeren Zeiträumen und beeinflusst damit das Klima auf der Erde. Die Forschung hat Zyklen gefunden, die von Dekaden bis hin zu einigen Jahrtausenden dauern. Die auf der Erde ankommen-de Sonnenstrahlung unterliegt zudem Schwankungen, wenn sich die Parameter der Erdbahn um die Sonne ändern (siehe dazu auch Frage 6).

Ein Teil der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung wird in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche reflektiert und in den Weltraum zurückgestrahlt. In der Atmosphäre sind es neben den Wolken besonders Aerosole (kleine schwebende Teilchen oder Tröpfchen), die Sonnenstrahlung reflektieren. Eine Quelle für Aerosole sind zum Beispiel Vulkanausbrüche. Sie verursachen zeitweise einen höheren Aerosolgehalt der Atmosphäre und führen deshalb in der Tendenz zu einer kurzzeitigen Abkühlung des Klimas. Auch die Beschaffenheit der Erdoberfläche beeinflusst das Rückstrahlvermögen gegenüber der Sonnenstrahlung. Eine nur mit Wasser oder Wald bedeckte Erde wäre um einiges wärmer und eine nur mit Eis bedeckte Erde (wegen der stärkeren Reflektion) erheblich kälter, als es gegenwärtig auf der Erde der Fall ist. Der Mensch verändert durch seine Tätigkeit – zum Beispiel durch Bebauung, Land-wirtschaft, Rodung von Wäldern – die Landoberfläche und beeinflusst damit das Klima.

Die Erdatmosphäre enthält einen natürlichen Anteil an Gasen, die Wärmestrahlung absorbieren („aufnehmen“). Wir bezeichnen sie als Treibhausgase. Diese Gase lassen die Sonnenstrahlung passieren. Allerdings absorbieren sie aber Teile der Wärmestrahlung, die von der Erdoberfläche kommt. Dadurch verringern die Gase den Anteil der in den Weltraum abgegebenen Wärmestrahlung. Seit der Industrialisierung hat der Mensch die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert und den Anteil an Treibhausgasen, besonders an Kohlendioxid, erhöht. Dadurch hat sich das Klima erwärmt.

Es gibt auch interne Klimaschwankungen, die nicht durch äußere Antriebe – wie Änderungen der Sonnenstrahlung, der Zusammensetzung der Atmosphäre oder der Beschaffenheit der

2

Das El Niño-Phänomen führt zu extremen Wetterereignissen, wie in manchen Regionen zu starken Niederschlägen und Überschwemmungen, in anderen Gebieten dagegen zu großer Trockenheit und Dürren

Foto: Reuters /Oswaldo Rivas



Erdoberfläche – hervorgerufen werden. Die interne Klimavariabilität entsteht durch Wechselwirkungen in und zwischen den einzelnen Subsystemen des Klimasystems – zwischen Atmosphäre, Hydrosphäre (Ozeane, Seen, Flüsse), Kryosphäre (Eis und Schnee), Lithosphäre (Boden und Gesteinsschichten) und Biosphäre (Pflanzen und Tiere). Ein Beispiel dafür ist das El Niño-Phänomen im tropischen Pazifik, eine starke, kurzfristige, interne Klimaschwankung. El Niño (spanisch: das Christkind) ist ein Ereignis, bei dem (beginnend um die Weihnachtszeit) die Oberflächentemperaturen des Ozeans in einem großen Gebiet im tropischen Pazifik ungewöhnlich erhöht sind. Die Änderung der Meeresoberflächentemperaturen hat Folgen für die atmosphärische Zirkulation¹: In Regionen Südamerikas, in denen sonst Trockenheit herrscht, kann es zu starken Niederschlägen mit Überschwemmungen kommen, während in Indonesien und Australien Dürren auftreten, die teils verheerende Wald- und Buschbrände nach sich ziehen (siehe dazu auch Frage 15).

1

Unter atmosphärischer Zirkulation verstehen wir die Gesamtheit aller großräumigen vertikalen und horizontalen Luftbewegungen in der Atmosphäre.

3

Wie groß ist
der beobachtete
weltweite
Temperatur-
anstieg?

3

Wie groß ist der beobachtete weltweite Temperaturanstieg?

Im Zeitraum von 1901–2011 stieg die globale Mitteltemperatur in Bodennähe um rund 0,8 °C. Das Tempo der Erwärmung hat in dieser Periode deutlich zugenommen.

Etwa zwei Drittel der Erwärmung fallen auf den Zeitraum seit Mitte der 1970er Jahre. Alle bisherigen Jahre des 21. Jahrhunderts (2001-2011) gehören zu den dreizehn wärmsten seit Beginn der regelmäßigen instrumentellen Messung der Lufttemperatur in Bodennähe im Jahre 1861. Die Dekade von 2001-2010 war global die wärmste, wärmer als die neunziger Jahre und diese wiederum waren wärmer als die Dekade der achtziger Jahre (WMO 2012).

Besonders starke Erwärmungen wurden in den hohen Breiten der Nordhalbkugel beobachtet. So stiegen die durchschnittlichen Temperaturen in der Arktis in den letzten 100 Jahren fast doppelt so schnell wie im globalen Mittel. Aus Satellitenmessungen seit 1978 geht hervor, dass die durchschnittliche jährliche Ausdehnung des arktischen Meereises um etwa 2,7 % pro Jahrzehnt – in den Sommermonaten sogar um 7,4 % pro Jahrzehnt – geschrumpft ist (IPCC 2007). Auch die Dicke des arktischen Meereises nahm in den vergangenen 35 Jahren deutlich ab. 2011 erreichte das Volumen mit 4200 Kubikkilometern einen neuen Tiefstand und lag damit noch unter dem bisherigen Minimum von 4580 Kubikkilometern (WMO 2012).

*Im Arktischen Ozean
treibendes Gletschereis*



4

Wird das Klima *extremer?*

Sind die sich *häufenden Über- schwemmungen* ein Indiz dafür?

4

Wird das Klima extremer? Sind die sich häufenden Überschwemmungen ein Indiz dafür?

Nach gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnissen wird die fortschreitende Klimaerwärmung zu Veränderungen der Stärke, der Häufigkeit, der räumlichen Ausdehnung und der Dauer von Extremwetterereignissen führen.

Ob eine Luftmasse trocken oder feucht ist, hängt davon ab, wie viel Feuchtigkeit (Wasserdampf) diese Luftmasse aus ihrer Umgebung aufgenommen hat. Es gehört zu den physikalischen Grundlagen, dass eine wärmere Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen kann als eine kältere. Die Wissenschaft geht demzufolge von einer Intensivierung des Wasserkreislaufs im Hinblick auf eine globale Erwärmung des Klimas aus. Das bedeutet unter anderem, dass in der wärmeren unteren Atmosphäre mehr Wasserdampf für Niederschläge zur Verfügung steht.

Die Beobachtungsdaten der letzten Jahrzehnte belegen klar eine globale Erwärmung des Klimas. Die dominierende (wenn gleich nicht die einzige) Ursache sind die seit dem späten 20. Jahrhundert gestiegenen atmosphärischen Treibhausgas-Konzentrationen (siehe dazu auch die Fragen 5 und 6). Für die Zukunft erwarten die Klimaforscher und -forscherinnen, dass sich die durch den Menschen verursachte Klimaänderung deutlich verstärkt. Die Strukturen der Klimaänderungen können dabei regional und jahreszeitlich sehr variabel sein. Auch Extremereignisse werden Veränderungen unterliegen. Extremereignisse sind Bestandteil der natürlichen Klimavariabilität. Solche Ereignisse sind Starkniederschläge und damit einhergehende Hochwasser, Trockenperioden, besonders heiße oder kalte Tage, Hitzeperioden oder auch Stürme. Wegen ihrer möglichen Auswirkungen sind sie von besonderem Interesse.

Deshalb ist es überaus wichtig, zu wissen, wie sich Extremereignisse in einem wärmer werdenden Klima entwickeln.

Um mögliche Tendenzen in der Entwicklung von Extremereignissen aufzudecken, untersuchen die Wissenschaftler, wie sich die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens von diesen Extremereignissen zeitlich verändern. Daraus lässt sich dann ableiten, ob Ereignisse – wie das Auftreten von Starkniederschlägen in einem Zeitraum von beispielsweise 100 Jahren – nicht nur häufiger sondern auch wahrscheinlicher geworden sind oder nicht. Diese empirisch-statistischen Befunde lassen sich nicht ohne weiteres auf die Zukunft hochrechnen, sind jedoch zum Erkennen von Tendenzen hilfreich. Zur Einschätzung künftiger Entwicklungen von Extremereignissen verwenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vor allem globale und regionale dynamische Klimamodelle. Daraus geht hervor, dass Extremereignisse überall auf der Welt Veränderungen unterliegen. In einigen Regionen ist es zum Beispiel wahrscheinlich, dass lang andauernde Hitzeperioden und Starkniederschläge zunehmen werden.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change) haben die bisherigen Erkenntnisse zu Extremereignissen im Sonderbericht zum „Management des Risikos von Extremereignissen und Katastrophen zur Förderung der Anpassung an den Klimawandel“ (*IPCC 2012*) festgehalten. Der Bericht verdeutlicht, dass einige Extreme sich bereits durch die anthropogene² Beeinflussung verändert haben – einschließlich der zunehmenden Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre. Beispielsweise stiegen global die extremen Tagesminima und Tagesmaxima der bodennahen Lufttemperatur. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, dass in einigen Regionen Starkniederschlagsereignisse viel häufiger auftreten. Wahrscheinlich ist ebenfalls, dass parallel zum mittleren Meeresspiegelanstieg auch extreme Wasserstände an den Küsten gestiegen sind. Über Landflächen nahmen Hitzeperioden zu. In Regionen mit ausreichender Datenbasis ist seit Mitte des 20. Jahrhunderts zudem eine Zunahme der Dauer von Hitzeperioden zu beobachten.

² *Anthropogen bedeutet: durch den Menschen verursacht.*

Mit welchen Entwicklungen der Extremereignisse wir bis zum Ende des 21. Jahrhunderts rechnen müssen, hängt insbeson-

4



dere von der Wirksamkeit globaler Klimaschutzmaßnahmen und der damit verbundenen Entwicklung der Emissionen ab. Zukünftige mögliche Extremereignisse einzuschätzen, ist sehr unsicher. Das liegt unter anderem in den zahlreichen Szenarien der künftigen Treibhausgasemissionen und in Modellunsicherheiten begründet.

Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts werden die Temperaturextreme global mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen. Sehr wahrscheinlich werden sich auch Hitzeperioden über den Landflächen häufen und länger andauern. In vielen Regionen kann sich die Anzahl der heißen Tage (an denen die Tageshöchsttemperatur mindestens 30 °C erreicht) unter bestimmten Emissionsszenarien verzehnfachen.

Wahrscheinlich werden in vielen Regionen der Erde auch Starkregnereignisse häufiger auftreten. Wenn wir von bestimmten Emissionsszenarien ausgehen, kann sich der maximale Tagesniederschlag verändern: Niederschlagsmengen, die derzeit einmal in 20 Jahren auftreten, können bis Ende des Jahrhunderts einmal in 15 oder sogar einmal in 5 Jahren auftreten.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist keine oder eine geringe Änderung in der Anzahl tropischer Wirbelstürme zu erwarten, aber deren mittlere Windgeschwindigkeit wird sich wahrscheinlich erhöhen.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass der ansteigende mittlere Meeresspiegel auch zu einer Zunahme von Extremwasserständen beiträgt und damit an bestimmten Küsten mit einer zunehmenden Erosion (durch Wasser und Wind verursachte Abtragung von Boden und verwittertem Gestein) verbunden sein wird.

Insgesamt ist erkennbar, dass der fortschreitende Klimawandel voraussichtlich zu Veränderungen der Stärke, der Häufigkeit, der räumlichen Ausdehnung und der Dauer von Extremwetterereignissen führen wird. Darüber hinaus können bislang unvorhersehbare Extremereignisse auftreten. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass bei der Bewertung eines einzelnen Ereignisses nicht beurteilt werden kann, ob dieses konkrete Ereignis ein zufälliges Ereignis innerhalb der natürlichen Klimavariabilität darstellt, oder ob die durch den Menschen verursachte Klimaerwärmung die Ursache dafür ist.

5

Ist der
menschliche
Beitrag zur
**globalen Erwär-
mung nicht sehr
gering und daher
*unbedeutend?***

5

Ist der menschliche Beitrag zur globalen Erwärmung nicht sehr gering und daher unbedeutend?

Unterschiedliche Simulationsrechnungen ergeben übereinstimmend, dass der größte Teil der globalen Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts sehr wahrscheinlich durch den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen verursacht wurde.

Das Klima hat sich in erdgeschichtlichen Zeiträumen häufig stark gewandelt. Vor etwa 100 Millionen Jahren war es auf der Erde deutlich wärmer. Die atmosphärischen CO₂-Konzentrationen lagen damals um ein Vielfaches höher als heute. Nach einer starken Abkühlung wechseln seit nunmehr 2 bis 3 Millionen Jahren Eiszeiten und Warmzeiten einander ab. Betrachten wir einen Zeitraum von hunderten bis zu tausenden von Jahren, befinden wir uns – erdgeschichtlich gesehen – seit etwa 10 000 Jahren in einer Warmzeit (Rahmstorf und Schellnhuber 2007).

Blicken wir nur auf die letzten Jahrhunderte, so stellen wir fest, dass mit Beginn der Industrialisierung die Menschen begonnen haben, das Klima auf der Erde zusätzlich spürbar zu beeinflussen. Insbesondere durch unsere Lebensweise mit hoher Energieverbrauch geben wir immer mehr Treibhausgase in die Luft ab. Die dadurch steigenden Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre verursachen einen zusätzlichen, den so genannten anthropogenen Treibhauseffekt. Dieser ruft eine Veränderung des Klimas hervor.

Für den Zeitraum der letzten 100 Jahre liegen sowohl Messungen meteorologischer Parameter wie der Temperatur als auch fundierte Erkenntnisse über die Einflüsse auf das Klima vor.

Diese Daten werden für die Klimamodellierung benötigt. Die Modellergebnisse verdeutlichen, dass die Temperaturentwicklung der vergangenen 100 Jahre nur dann realistisch simuliert werden kann, wenn neben den natürlichen Einflüssen auf das Klima (wie Änderungen der Sonnenstrahlung, Vulkanausbrüche) auch die anthropogenen Einflüsse (wie erhöhte Treibhausgaskonzentrationen) einbezogen werden (siehe dazu auch Frage 6). Besonders deutlich wird dies in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts. Sowohl die Simulationsrechnungen mit dynamischen als auch statistischen Modellen ergeben übereinstimmend, dass der größte Teil der globalen Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts sehr wahrscheinlich durch den beobachteten Anstieg der anthropogenen Treibhausgaskonzentrationen verursacht wurde (*IPCC 2007*). Etwa zwei Drittel der globalen Erwärmung seit dieser Zeit sind auf den menschlichen Einfluss zurückzuführen (*Grieser u.a. 2000*). Dieser Teil der Klimaerwärmung wurde nicht durch natürliche Prozesse, sondern die Lebensweise der Menschen hervorgerufen und ist demzufolge auch durch unser Handeln in der Zukunft beeinflussbar.





Seit Beginn der Industrialisierung verändert die Menschheit die Zusammensetzung der Atmosphäre. Durch Energieerzeugung, Industrie und Verkehr gelangen Treibhausgase in die Luft und reichern sich dort an. Die Konzentration von Kohlendioxid stieg seit dieser Zeit um mehr als ein Drittel.

6

Ist die
Änderung der
Sonnenstrahlung
nicht der
wesentliche
Faktor bei
Klimaänderungen?

6

Ist die Änderung der Sonnenstrahlung nicht der wesentliche Faktor bei Klimaänderungen?

Da das Klima durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird, ist die Änderung der Sonnenstrahlung nicht immer der wesentliche Faktor bei Klimaänderungen. Der größte Teil der globalen Erwärmung im Laufe der vergangenen 50 Jahre wurde nach heutigem Stand der Wissenschaft durch die steigenden Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre verursacht.

Die Strahlung der Sonne ist der Energielieferant und damit der Motor des Klimas auf der Erde. Folgerichtig sind Änderungen der Sonnenstrahlung in sehr unterschiedlich langen Zeiträumen eine wichtige – allerdings nicht die einzige – Ursache von Klimaänderungen. Die Leuchtkraft der Sonne ändert sich in sehr langen, mittelfristigen und auch in sehr kurzen Zeiträumen. Im Laufe ihrer Existenz dehnt sich die Sonne aus und wird immer heißer. Deshalb nehmen die Leuchtkraft und damit der solare Energiefluss langfristig stetig zu. Abgesehen von dieser Änderung über Milliarden von Jahren schwankt die Sonnenstrahlung zudem in kürzeren Zeiträumen. Die Wissenschaftler haben Zyklen gefunden, die von Jahrzehnten bis hin zu einigen Jahrtausenden reichen (Clausen 2003).

Auch wenn sich die Parameter der Erdbahn um die Sonne ändern, kommt es zu Veränderungen der Sonneneinstrahlung an der Erdoberfläche. Diese Veränderungen vollziehen sich zyklisch und über lange Zeiträume. Die dominanten Perioden der Erdbahnzyklen – die sogenannten Milankovitch-Zyklen³ – betragen 23.000, 41.000, 100.000 und 400.000 Jahre. Sie treten in den meisten langen Klimazeitreihen deutlich hervor (Rahmstorf und Schellnhuber 2007). Die Milankovitch-Zyklen ver-

3

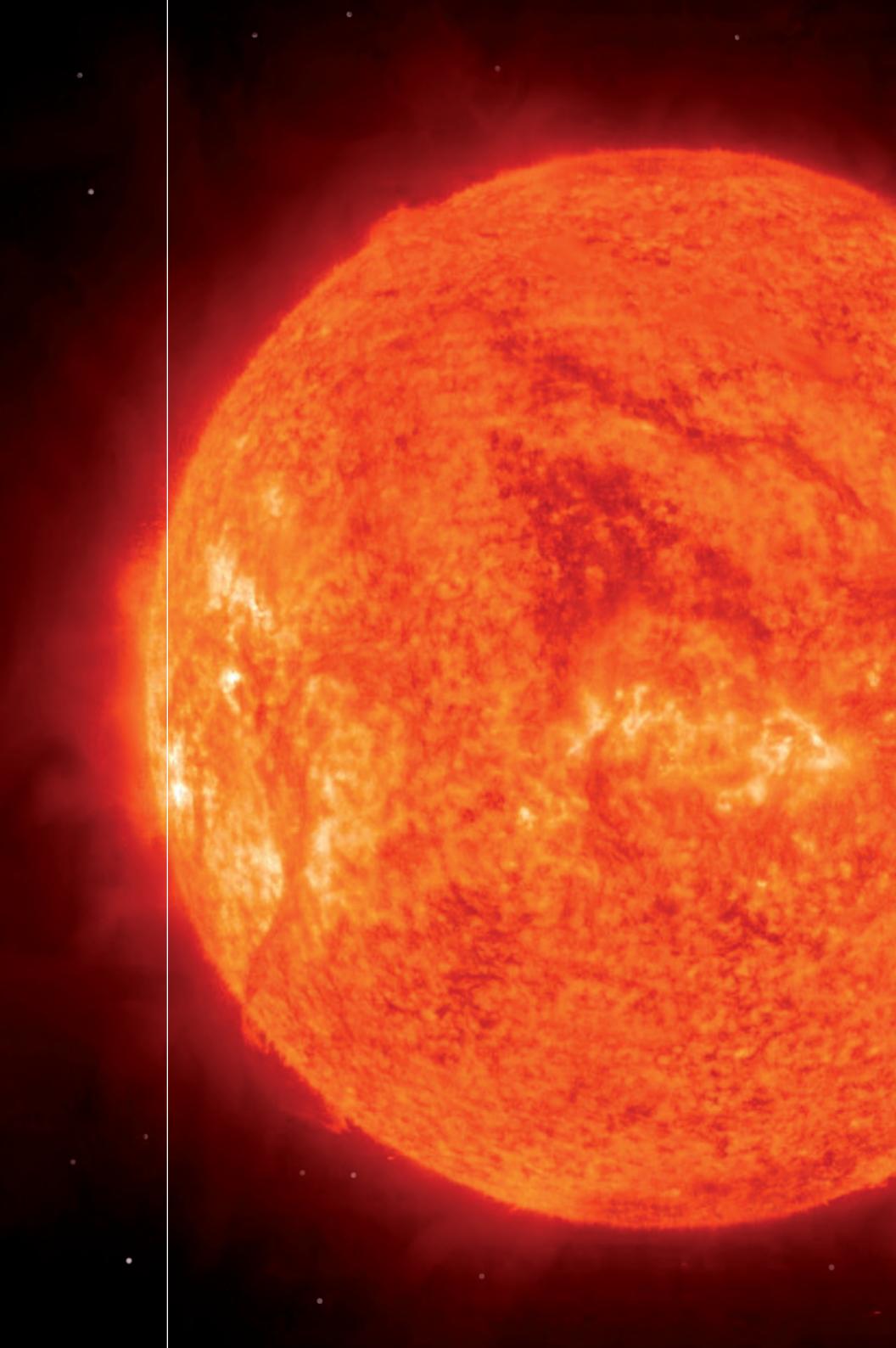
Diese Zyklen wurden nach dem serbischen Astronomen Milutin Milankovitch benannt, der die theoretischen Grundlagen der Erdbahnzyklen ausarbeitete.

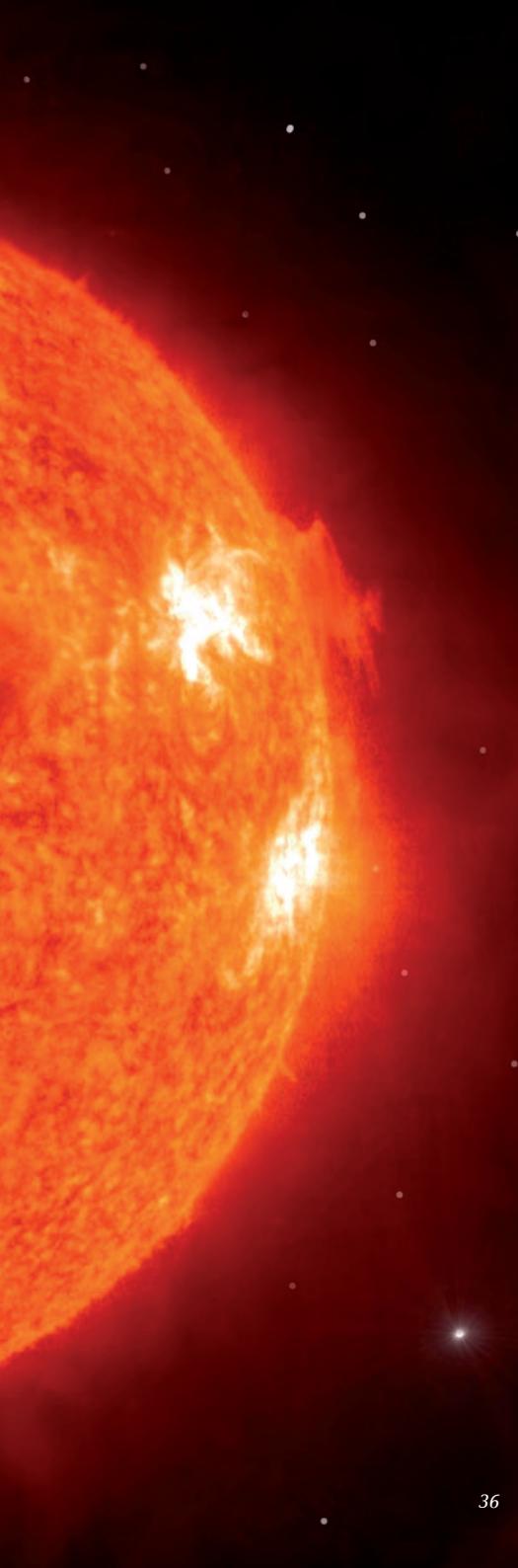
ursachten nach gegenwärtigen Erkenntnissen die periodisch wiederkehrenden Eiszeiten, die vor zwei bis drei Millionen Jahren begannen. In langen Zeiträumen können Änderungen der Leuchtkraft der Sonne demnach eine große Rolle spielen.

Zu den vergleichsweise kurzen Zyklen, in denen die Sonnenstrahlung schwankt, zählen unter anderem der 11-Jahreszyklus, der Gleissberg-Zyklus mit 80 bis 90 Jahren, der de Vries- oder Suess-Zyklus mit 208 Jahren und der Hallstatt-Zyklus mit 2300 Jahren (*Gray u.a. 2010*). Lediglich für den 11-Jahreszyklus liegen direkte Messwerte der Sonnenstrahlung (oder präziser: des solaren Energieflusses) vor. Denn erst seit 1977 wird der solare Energiefluss kontinuierlich von Satelliten aus gemessen. Die Schwankungen des Energieflusses zwischen dem Maximum und dem Minimum des 11-Jahreszyklus liegen – umgerechnet auf die Erdoberfläche – bei 0,07 %. Das ist ein sehr geringer Wert. Schwankungen dieser Größenordnung können keinen maßgeblichen Einfluss auf das globale Mittel der bodennahen Lufttemperatur haben, sofern nicht bestimmte Mechanismen der Verstärkung auftreten. Das sind Prozesse in der Atmosphäre, durch die eine Verstärkung der Wirkung einer bestimmten Ursache hervorgerufen wird. Im vorliegenden Fall des 11-Jahreszyklus der Sonne müsste die geringe Änderung der globalen Mitteltemperatur infolge einer geringen Änderung des Energieflusses der Sonne durch weitere Prozesse verstärkt werden. Bisher liegen jedoch keine gesicherten Hinweise und Erkenntnisse im Hinblick auf einen derartigen Verstärkungsmechanismus vor (*Gray u.a. 2010*).

Betrachten wir nun den Zeitraum des letzten Jahrhunderts bis in die Gegenwart, in dem sich das Klima erwärmt hat. Denn bei der Untersuchung von Klimaänderungen analysiert die Klimaforschung den Zeitraum, in dem sich die Änderung vollzogen hat sowie *alle* Ursachen, die in Betracht kommen.

Unterschiedliche Simulationen mit Klimamodellen ergeben, dass der größte Teil der globalen Erwärmung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch natürliche Faktoren hervorgerufen wurde. Dabei werden die Beobachtungsdaten und alle bekannten Einflüsse auf das Klima (solarer Energiefluss, Treibhausgaskonzentrationen, Vulkanausbrüche und Aerosolkonzentrationen) in den Modellen berücksichtigt. Von den natürlichen Faktoren, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts domi-





Die Leuchtkraft der Sonne ist veränderlich. Im Laufe ihrer Existenz dehnt sich die Sonne aus und wird immer heißer. Deshalb nimmt der solare Energiefluss über Milliarden von Jahren stetig zu. Aber auch in kürzeren Zeiträumen gibt es eine Vielzahl von Schwankungen der Sonnenstrahlung zyklischer Natur.

6

nierten, hatte die Erhöhung des solaren Energieflusses den größten Anteil an der globalen Erwärmung (*Gray u. a. 2010*). Diese Untersuchungen verdeutlichen darüber hinaus, dass im späten 20. und dem frühen 21. Jahrhundert die steigenden atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen der entscheidende Faktor für die globale Erwärmung waren. Die Auswertungen der letzten 20 Jahre belegen einen schwachen Einfluss der Änderung des solaren Energieflusses auf das Klima (*Gray u. a. 2010*).

In der Abbildung 1 sind die Ergebnisse von Simulationen mit Klimamodellen den Beobachtungsdaten gegenübergestellt. Die dicke schwarze Linie in beiden Übersichten der Abbildung repräsentiert die Beobachtungsdaten. Dargestellt ist die Abweichung des globalen Temperaturmittels vom Mittelwert im Zeitraum 1901–1950. Die dünnen gelben Linien in der oberen Übersicht sind Ergebnisse aus 58 Simulationen mit 14 unterschiedlichen Klimamodellen. Bei diesen Simulationen wurden sowohl natürliche als auch anthropogene Einflüsse auf das Klima zugrunde gelegt (gleichfalls dargestellt als Abweichung vom Mittelwert im Zeitraum 1901–1950). Die rote Kurve ist

4 das Ensemblemittel⁴ dieser Simulationen. Im Vergleich dazu zeigt die untere Übersicht in Form der dünnen blauen Linien die Ergebnisse von 19 Simulationen mit 5 verschiedenen Klimamodellen. Hier wiederum wurden ausschließlich natürliche Einflüsse zugrunde gelegt (ohne erhöhte Treibhausgaskonzentrationen). Die dicke blaue Linie stellt das Ensemblemittel dieser Rechnungen dar. Die vertikalen grauen Linien geben die Zeitpunkte größerer Vulkanausbrüche an (*Gray u. a. 2010, IPCC 2007, Stott u. a. 2006*).

In der oberen Übersicht sehen wir – besonders ab den 1960er Jahren des vorigen Jahrhunderts – eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Beobachtungsdaten und Ensemblemittel der Modellsimulationen (mit allen bekannten Einflüssen auf das Klima). Die Modellrechnungen mit natürlichen Klimaeinflüssen (wie Änderungen des solaren Energieflusses, Vulkanausbrüche) hingegen stimmen ab den 1960er Jahren weniger gut mit den Beobachtungsdaten überein und driften etwa ab Ende der 1970er Jahre stark auseinander.

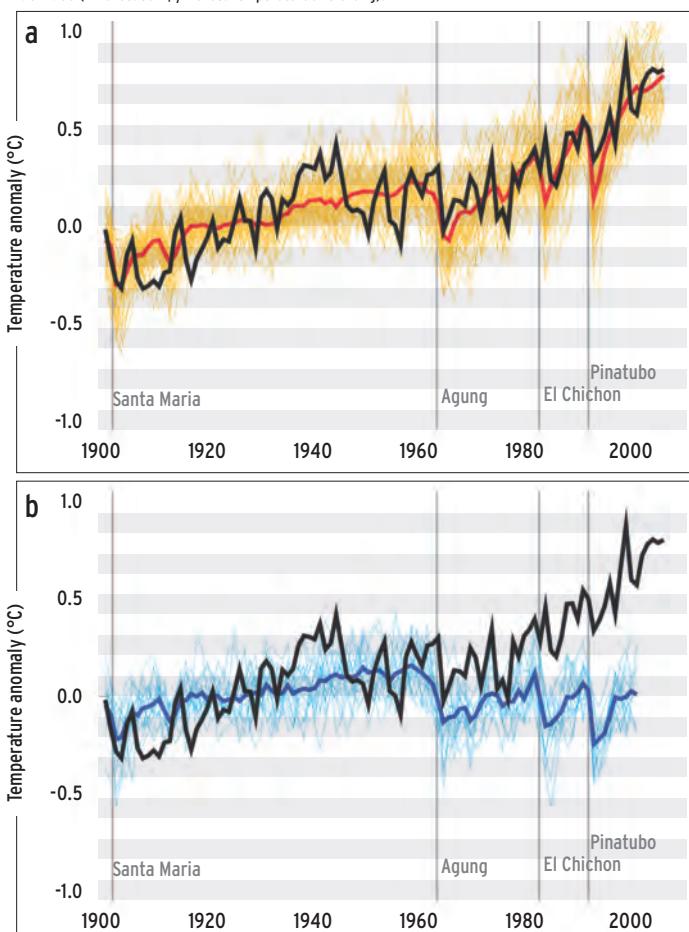
Klimamodelle enthalten den gegenwärtigen Stand des Wissens über die physikalischen und chemischen Prozesse in der Atmosphäre. Der Kenntnisstand von Physik und Chemie der Atmo-

Das Ensemblemittel ist das Mittel eines Ensembles – oder einer Vielzahl – von Simulationen.

sphäre lässt nur folgendes Resultat zu: Zumindest seit Ende der 1970er Jahre ist die Änderung der bodennahen, globalen Mitteltemperatur mit natürlichen Einflüssen allein nicht zu erklären. Nur wenn wir alle bekannten Einflüsse auf das Klima einbeziehen, einschließlich der durch den Menschen verursachten Treibhausgase in der Atmosphäre, kann die beobachtete Klimaerwärmung von Seiten der Theorie nachgebildet werden.

Abb. 1 Darstellung der Ergebnisse von Klimamodellen unter Zugrundelegung natürlicher und anthropogener Einflussfaktoren (oben) und unter ausschließlicher Berücksichtigung natürlicher Einflussfaktoren (unten) im Vergleich zu den Beobachtungsdaten (dicke schwarze Linie).

Dargestellt sind jeweils die Abweichungen des globalen Temperaturmittels vom Mittelwert im Zeitraum 1901-1950 (x-Achse: Jahr, y-Achse: Temperaturabweichung).



Quelle: IPCC 2007, Abb. 9.5
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure9-5.html

7

Ist Wasserdampf
nicht ein
viel wichtigeres
Treibhausgas
als Kohlendioxid?

7

Ist Wasserdampf nicht ein viel wichtigeres Treibhausgas als Kohlendioxid?

Bei dem in der Atmosphäre natürlich vorhandenen Treibhauseffekt spielt der Wasserdampf die wichtigste Rolle. Da der Mensch seit der Industrialisierung Treibhausgase in die Atmosphäre emittiert, kommt zum natürlichen noch ein anthropogener Treibhauseffekt hinzu. Bei diesem anthropogenen Treibhauseffekt ist das Kohlendioxid der Hauptverursacher.

Die Erdatmosphäre enthält einen natürlichen Anteil an Treibhausgasen. Dazu gehören – in der Reihenfolge ihrer Bedeutung – Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan, Distickstoffmonoxid (Lachgas) und Ozon. Ohne diese Gase wäre die Erde völlig vereist. Anstelle einer globalen Mitteltemperatur in Bodennähe von etwa 14 °C, so wie sie tatsächlich beobachtet wird, würden vielmehr etwa -19 °C herrschen. Diese Wirkung der in der Atmosphäre natürlich vorhandenen Treibhausgase ist der *natürliche* Treibhauseffekt. Durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, durch großflächige Entwaldung sowie Land- und Viehwirtschaft verursacht der Mensch zusätzliche Treibhausgase in der Atmosphäre. Den dadurch hervorgerufenen – zusätzlichen – Treibhauseffekt nennen wir *anthropogenen* Treibhauseffekt (siehe auch Frage 5).

Beim *natürlichen* Treibhauseffekt ist der Wasserdampf ausschlaggebend: dieser verursacht etwa zwei Drittel des natürlichen Treibhauseffekts, der seit Jahrmillionen die Erde bewohnbar macht. Ein geringerer Teil stammt von CO₂ und den restlichen Treibhausgasen.

Warum steht der Wasserdampf nicht stärker im Zentrum der Diskussionen um die anthropogene Klimaänderung? Weil der Wasserdampf zwar beim natürlichen, jedoch nicht beim anthropogenen Treibhauseffekt die Hauptrolle spielt. Denn die Atmosphäre nimmt – in Abhängigkeit von ihrer Temperatur – nur eine bestimmte Menge an Wasserdampf auf. So nimmt eine wärmere Atmosphäre mehr Wasserdampf auf als eine kalte (siehe auch Frage 4). Bei gleichbleibender Temperatur kann der atmosphärische Wasserdampfgehalt also nicht stetig steigen. Anders verhält es sich beim Kohlendioxid: Seit Beginn der Industrialisierung bis in die Gegenwart stieg der CO₂-Gehalt der Atmosphäre durch die vom Menschen verursachten – anthropogenen – Emissionen um rund 35% (IPCC 2007).

Dennoch spielt Wasserdampf auch bei der anthropogenen Erwärmung des Klimas eine wichtige Rolle, weil der atmosphärische Wasserdampfgehalt von der Temperatur abhängt. Steigt nun die Lufttemperatur, nimmt auch der atmosphärische Wasserdampfgehalt zu und die zuvor eingetretene Erwärmung wird damit verstärkt. Wasserdampf wirkt somit als Verstärker einer durch Kohlendioxid und andere anthropogene Treibhausgase verursachten Erwärmung. Umgekehrt wirkt Wasserdampf auch als Verstärker einer Abkühlung, wie das bei Vereisungen in der Vergangenheit der Fall war. Kühlte sich die Atmosphäre ab, nimmt sie weniger Wasserdampf auf. Die Folge ist ein verringelter Treibhauseffekt, der die anfängliche Abkühlung verstärkt. Dieser Prozess ist eine wichtige positive (verstärkende) Rückkopplung im Klimasystem.





Wasser spielt in allen Aggregatzuständen – als Wasserdampf, Wasser und Eis – im Klimasystem eine entscheidende Rolle

8

Ist der
vulkanische
 CO_2 -Ausstoß nicht
bedeutender als
der des Menschen?

Ist der vulkanische CO₂-Ausstoß nicht bedeutender als der des Menschen?

Die gegenwärtigen, durch den Menschen verursachten, jährlichen CO₂-Emissionen liegen beträchtlich über dem jährlichen CO₂-Ausstoß vulkanischen Ursprungs.

Zum Zusammenhang zwischen Vulkanismus und Klima gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen. Sie zeigen, dass vor allem explosive Vulkanausbrüche einen merklichen Einfluss auf das Klima haben. Deren Auswurfmasse kann die Stratosphäre – die im Mittel zwischen 10 und 50 km Höhe liegt – oder sogar die darüber liegende Mesosphäre erreichen (dies war wahrscheinlich beim stärksten explosiven Vulkanausbruch der letzten Jahrhunderte, dem Tambora 1815 in Indonesien, der Fall). Von Bedeutung sind dabei vor allem die Sulfatpartikel. Sie bilden sich im Verlauf einiger Monate aus den schwefelhaltigen Vulkan-Gasen. Diese Partikel streuen einen Teil der Sonnenstrahlung. Dadurch gelangt weniger Sonnenstrahlung bis zur Erdoberfläche, und es resultiert ein abkühlender Effekt.

Nach dem Ausbruch des Pinatubo 1991 auf den Philippinen erreichte der negative Strahlungsantrieb (Maß für die Größe des abkühlenden Effektes) kurzzeitig Werte von fast 4 W/m² (Watt pro Quadratmeter). Im Mittel mehrerer Jahre bleibt der negative vulkanische Strahlungsantrieb jedoch gering. Das heißt, dass die global gemittelte bodennahe Lufttemperatur nur vorübergehend durch Vulkanausbrüche beeinflusst wird. So wird dem Ausbruch des Pinatubo ein Rückgang der globalen Mitteltemperatur um etwa 0,2 °C zugeordnet (Schönwiese 2006). Vulkanausbrüche führen in der Tendenz zu einer Abkühlung. Diese dauert jedoch beim Ausbruch einzelner Vulkane nur wenige Jahre an.

Die atmosphärische CO₂-Konzentration ist in den letzten 10.000 Jahren in etwa konstant geblieben (ca. 280 +/- 10 ppm [parts per million, das heißt 280 CO₂-Moleküle auf eine Million Luftmoleküle]). Allein diese Tatsache verdeutlicht, dass der vulkanische CO₂-Ausstoß gegenüber dem des Menschen unbedeutend sein muss. Tatsächlich stiegen die durch den Menschen verursachten CO₂-Emissionen (zum Beispiel durch Nutzung fossiler Energieträger, Waldrodungen, Brennholznutzung, Zementproduktion) im Laufe des Industriezeitalters auf derzeit insgesamt ca. 8 Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr (entspricht ca. 30 Milliarden Tonnen CO₂ pro Jahr). Die vulkanischen CO₂-Emissionen sind dagegen viel geringer. Sie betragen nach *Hards 2005* etwa 300 Megatonnen pro Jahr. Das entspricht nur einem Prozent der durch den Menschen verursachten jährlichen CO₂-Emissionen.





*Der Vulkan Bromo auf der
indonesischen Insel Java*

9

Ist die globale
Erwärmung
seit 1998 zum
Stillstand
gekommen?

Ist die globale Erwärmung seit 1998 zum Stillstand gekommen?

Das Jahr 1998 war ein besonders warmes Jahr, in der Temperaturzeitreihe der Universität von East Anglia und des Britischen Meteorologischen Dienstes sogar das wärmste Jahr der gesamten Reihe. Aus einer Zeitreihe der globalen Mitteltemperatur ein besonders warmes Jahr auszuwählen und ab diesem Zeitpunkt einen gleichbleibenden oder abnehmenden Trend zu konstruieren, ist kein wissenschaftlich fundiertes Vorgehen. Überdies erwarten die Fachleute keinen linearen Temperaturanstieg infolge der Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre. Denn es gibt verschiedene Ursachen von Klimaänderungen, die gleichzeitig wirken können. Ganz abgesehen davon, fallen mit Ausnahme des Jahres 2008 sämtliche Jahre der Dekade 2001 – 2010 unter die 10 wärmsten Jahre seit Beginn der instrumentellen Beobachtungen.

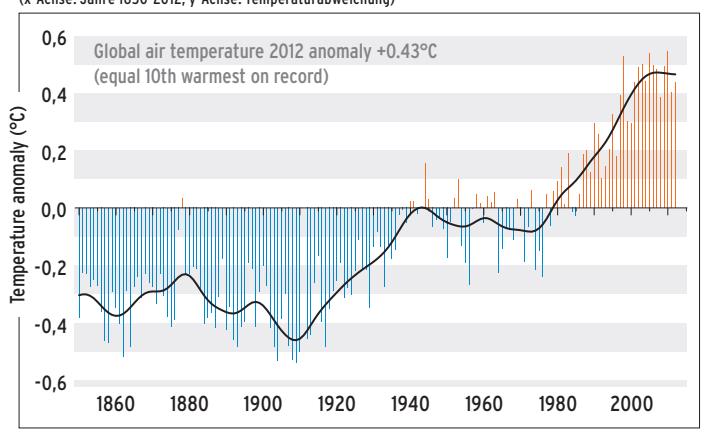
Zur Untersuchung von Klimaänderungen werten die Meteorologen die weltweiten Messungen der bodennahen Lufttemperatur aus. Sie mitteln diese Daten räumlich über die ganze Erde, um ein globales Mittel der Temperatur zu erhalten sowie zeitlich über ein Jahr, zum Beispiel 2012. Nun wird die Abweichung dieses globalen Mittels (z. B. im Jahr 2012) vom Mittelwert in einem zurückliegenden, längeren Zeitraum (Referenzzeitraum – zum Beispiel 1961 – 1990) gebildet. Daraus wird ersichtlich, ob 2012 wärmer oder kühler als im langjährigen Durchschnitt war. Erkenntnisse über die zeitliche Änderung der Temperatur – den

Trend – lassen sich aus einer Zeitreihe der globalen Mitteltemperatur ableiten, wie sie die Abbildung 2 zeigt. Es handelt sich um die Temperaturreihe der Universität von East Anglia und des Britischen Meteorologischen Dienstes (HadCRUT).

Diese Temperaturreihe weist das Jahr 1998 als wärmstes Jahr seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen aus:

Abb. 2 Abweichungen des globalen Mittels der bodennahen Lufttemperatur vom Mittelwert im Referenzzeitraum 1961–1990 (rote und blaue Balken), die durchgezogene schwarze Linie stellt den nichtlinearen Trend dar

(x-Achse: Jahre 1850–2012, y-Achse: Temperaturabweichung)



Aus der Temperaturentwicklung seit 1998 zieht manch einer die Schlussfolgerung, dass die globale Erwärmung seit dieser Zeit zum Stillstand gekommen ist. Das ist jedoch aus folgenden Gründen nicht richtig:

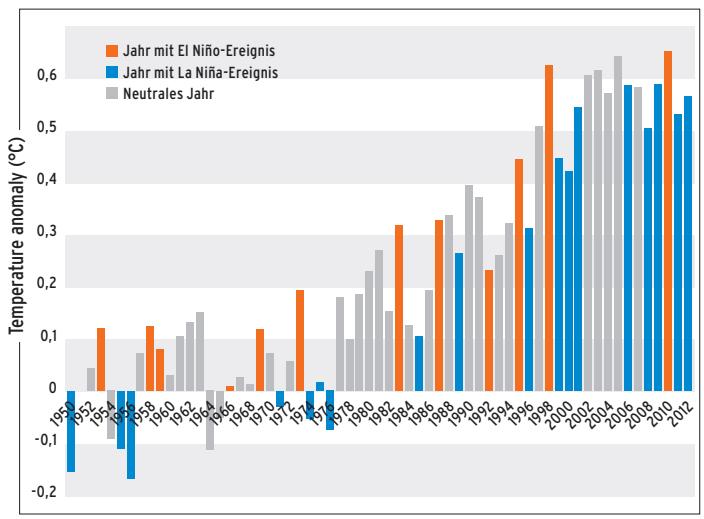
1. In der Klimatologie werden lange Zeitreihen (soweit vorhanden) und langfristige Trends untersucht. Auf langfristige Änderungen des Klimas müssen wir uns in besonderer Weise einstellen und Maßnahmen ergreifen. Die HadCRUT-Reihe in Abbildung 2 zeigt eine fortschreitende globale Erwärmung seit mehr als 30 Jahren. Das ist ein langfristiger Erwärmungstrend. Eine langfristige Stagnation der globalen Erwärmung hingegen ist nicht erkennbar.
2. Die vom Menschen verursachte Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre bewirkt einen langfristigen Anstieg der globalen Mitteltemperatur, keine stärkeren Schwankun-

gen von Jahr zu Jahr oder über den Zeitraum weniger Jahre. Derartige Schwankungen haben andere Ursachen. Innerhalb einer globalen Erwärmung können durchaus einige kühlere Jahre auftreten, die am langfristigen Erwärmungstrend nichts ändern.

3. Es gibt keinen physikalisch plausiblen Grund, das Jahr 1998 als Wendepunkt der globalen Erwärmung anzunehmen. Diesen Grund gäbe es vielleicht, wenn wir in diesem Zeitraum die atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen auf einem bestimmten Niveau stabilisiert hätten, mehrere große Vulkane ausgebrochen wären und eine lange – über mehrere Dekaden dauernde – Phase vornehmlich inaktiver Sonne prognostiziert worden wäre. Wohlgemerkt: diese Gründe müssten schon zusammenkommen. Denn trotz Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen würde die Erwärmung zunächst andauern. Welche Abkühlung ein großer Vulkanaustritt bewirkt, sehen wir in der Abbildung 2 deutlich am Beispiel des Pinatubo 1991. Und auch die Sonne kann das Ruder nicht herumreißen: zwischen 2005 und 2010 war die Sonnenleuchtkraft im tiefsten Minimum seit Beginn der Satellitenmessungen in den 1970er Jahren (*Rahmstorf 2011, NASA 2012*). Trotzdem fallen mit Ausnahme des Jahres 2008 sämtliche Jahre der Dekade 2001–2010 unter die 10 wärmsten Jahre seit Beginn der instrumentellen Beobachtungen (*NOAA 2011*).
4. Die Klimaforscher kennen einen wesentlichen Grund dafür, warum das Jahr 1998 besonders warm war: 1998 fand das bisher stärkste verzeichnete El Niño-Ereignis statt (*Rahmstorf 2011a*). El Niño (spanisch: das Christkind) ist die Warmphase einer periodisch wiederkehrenden Erwärmung und Abkühlung der Meeresoberflächentemperaturen im tropischen Pazifik. Dieses Phänomen beeinflusst in starkem Maße die atmosphärische Zirkulation und damit die Witterung weit über den tropischen Pazifik hinaus (*MPI 2011*). El Niño Southern Oscillation (ENSO) – wie die vollständige Bezeichnung lautet – entsteht durch die Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre und zeigt sich in kurzfristigen Schwankungen des globalen Mittels der bodennahen Lufttemperatur (siehe auch Frage 2). Ein besonders warmes Jahr in Zusammenhang mit einem besonders starken El Niño-Ereignis – einem natürlichen, im Abstand weniger Jahre wiederkehrenden Phänomen – ist wahrlich kein Anzeichen für eine etwaige Umkehr eines langfristigen Trends.

5. Neben El Niño, der Warmphase des ENSO-Phänomens, gibt es auch eine Kaltphase: La Niña (spanisch: das Mädchen). Während La Niña-Ereignissen treten im östlichen und zentralen äquatorialen Pazifik niedrigere Wasseroberflächentemperaturen auf als unter normalen Bedingungen. La Niña-Jahre tendieren dazu, kühler zu sein als El Niño – und neutrale Jahre (in neutralen Jahren treten weder El Niño – noch La Niña-Ereignisse auf). Die Abbildung 3 zeigt eine Auswertung der amerikanischen Ozean-Atmosphärenbehörde, in der El Niño-Jahre mit roten Balken und La Niña-Jahre mit blauen Balken markiert sind (NOAA 2013). Die nähere Betrachtung dieser Abbildung führt zu einer interessanten Feststellung: Seit Ende der 1990er Jahre waren alle Jahre, die etwas weniger warm ausfielen, La Niña-Jahre. Und mehr noch: Wie El Niño – und neutrale Jahre wurden auch die eher kühlen La Niña-Jahre mit der Zeit immer wärmer. 2006 und 2009 waren die wärmsten aller bisherigen La Niña-Jahre (bezogen auf den Zeitraum der ENSO-Aufzeichnungen seit 1950), dicht gefolgt von 2012. Alle La Niña-Jahre seit 2001 waren wärmer als die El Niño-Jahre vor 1998. Auch diese Tatsache fügt sich in das Bild der fortschreitenden globalen Erwärmung ein.

Abb. 3 Abweichungen des globalen Mittels der bodennahen Lufttemperatur vom Mittelwert im Referenzzeitraum 1901–2000
(x-Achse: Jahre 1950–2012, y-Achse: Temperaturabweichung)



Quelle: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2012/13>

10

**Sind die Gletscher
wirklich global
auf dem Rückzug
und ist ein
Gletscherrückgang
ein Zeichen für eine
Klimaänderung?**

Sind die Gletscher wirklich global auf dem Rückzug und ist ein Gletscherrückgang ein Zeichen für eine Klimaänderung?

Die Beobachtungen zeigen, dass weltweit Gletscher abnehmen. Ein anhaltender, globaler Gletscherrückgang ist ein klares Zeichen für eine Klimaänderung.

Die übergroße Mehrheit der weltweit existierenden Gletscher befindet sich klar auf dem Rückzug. Nach neuesten Veröffentlichungen des Welt-Gletscher Beobachtungsdienstes (World Glacier Monitoring Service, WGMS 2011) zeigt sich in 9 von 10 weltweit untersuchten großen Gletschergebieten eine fortgesetzte deutliche Abnahme der Eismasse. Es gibt hier nur sehr wenige Ausnahmen, wie z.B. die stark niederschlagsgeprägten Küstengletscher Norwegens, die aufgrund verstärkter Winterniederschläge in den 1990er Jahren einen Massenzuwachs verzeichnen konnten.

Da sich die Oberflächentemperatur von Gletschern oftmals in der Nähe des Schmelzpunktes befindet, sind diese sehr sensibel gegenüber Veränderungen ihres Umgebungsklimas. Diese Eigenschaft macht die Veränderung von Gletschern zu einem wichtigen Indikator eines globalen Klimawandels.

Generell passen Gletscher sich langfristig und dynamisch an die Veränderungen des globalen Klimas an. Auf Temperaturanstieg und Niederschlagsrückgang reagieren sie mit Masseverlust. Dieser Masseverlust dauert solange an, bis der Gletscher sich mit seinem Umgebungsklima im Gleichgewicht befindet. Die Geschwindigkeit des Masseverlusts hängt von bestimmten Gletschereigenschaften wie z.B. Hangneigung, Oberflächengröße und -helligkeit sowie geographischer Ausrichtung ab. Die fortgesetzte globale Klimaerwärmung wird deshalb zu einem weiteren großräumigen Verlust an Gletschermasse bis hin zum Verschwinden vieler Gletscher führen. Da in Gebirgsregionen Gletscher wichtige Wasserlieferanten sind, kann dies wie-

derum gravierende Folgen wie zum Beispiel eine langfristig verringerte Wasserverfügbarkeit in verschiedenen Regionen der Erde haben. Mehr als ein Sechstel der Weltbevölkerung lebt in Gebieten, die auf Schmelzwasser aus großen Gebirgen angewiesen sind (*Bates u. a. 2008*).

Ein anhaltender, globaler Gletscherrückgang ist damit ein klares Zeichen für eine Klimaänderung.

Die Antarktis





11

Ist die globale
Erwärmung nicht
durch Messungen
in den Städten
und den dortigen
„Wärmeinseleffekt“
nur vorgetäuscht?

Ist die globale Erwärmung nicht durch Messungen in den Städten und den dortigen „Wärmeinseleffekt“ nur vorgetäuscht?

Messungen der Lufttemperatur erfolgen nicht nur in Städten, sondern auch in ländlichen Regionen, in Gebirgen oder auf Inseln. Auch die Beobachtungen an diesen Stationen zeigen häufig Erwärmungen. Die städtischen Wärmeinsel-Effekte sind lokal begrenzt und haben einen vernachlässigbaren Einfluss auf die globale Mitteltemperatur.

Es ist zwar richtig, dass es in Städten meist etwas wärmer als im Umland ist und dass dieser „Wärmeinseleffekt“ mit dem Wachstum von Städten intensiver wird. Verursacht wird der Effekt durch erhöhtes Wärmespeichervermögen, geringere Verdunstung und Heiztätigkeit in Städten. Die städtischen Wärmeinsel-Effekte sind jedoch lokal begrenzt und haben einen vernachlässigbaren Einfluss auf die globale Mitteltemperatur. Sie betragen weniger als 0,006 °C über Land und Null über dem Ozean (IPCC 2007). Im Vergleich dazu stieg im Zeitraum von 1901–2011 die globale Mitteltemperatur in Bodennähe um rund 0,8 °C.

Neben vielen Beobachtungsstationen außerhalb der Städte – wie Berg- und Inselstationen, die ebenfalls sehr häufig Erwärmungen zeigen, gibt es eine Reihe von indirekten Indikatoren für eine Erwärmung auch außerhalb der Städte. Dazu zählen beispielsweise der Rückzug von vielen Gebirgsgletschern (z. B. in den Alpen) und der Rückgang der arktischen Meereisbedeckung. Wärmeliebende Pflanzen und Insekten breiten sich auf der Nordhalbkugel weiter nach Norden (und auf der Südhalbkugel weiter nach Süden) aus. Auch das Zugvogelverhalten spiegelt die klimatischen Veränderungen wider.

Schließlich ist die Änderung des globalen Mittels der bodennahen Lufttemperatur zwar ein sehr anschaulicher Indikator für eine globale Erwärmung, es gibt jedoch auch andere Indikatoren. Diese müssten im Falle der gegenwärtigen – durch den Menschen verursachten – Klimaerwärmung Änderungen anzeigen. Laut theoretischer Berechnungen müsste sich die Stratosphäre (Schicht der Atmosphäre zwischen etwa 10 und 50 km Höhe) abkühlen, wenn die atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen – insbesondere die CO₂-Konzentrationen – steigen. Und genau diese Abkühlung wird tatsächlich beobachtet (*IPCC 2007*, Kapitel 3.4.1).

Zunehmende atmosphärische Treibhausgase bewirken Veränderungen der Strahlungsbilanz der Erde, die sich in Veränderungen des Wärmeinhaltes der Ozeane widerspiegeln müssten (*Bernhardt 2012*). Auch diese Veränderungen sind eingetreten: Die Beobachtungen seit 1961 zeigen, dass die durchschnittliche Temperatur des Weltozeans bis in Tiefen von mindestens 3000 Metern angestiegen ist und dass der Ozean mehr als 80 % der dem Klimasystem zugeführten Wärme aufgenommen hat (*IPCC 2007*, S.5).

12

**Sind die
„CO₂-Absorptions-
banden“
nicht weitgehend
gesättigt?**

Sind die „CO₂-Absorptionsbanden“ nicht weitgehend gesättigt?

Die 15 µm-Bande ist im Zentralbereich – das ist der Wellenlängenbereich in der Mitte der Bande um 15 µm herum – weitgehend gesättigt. Dies gilt aber nicht für die Flanken- oder Randbereiche der 15 µm-Bande. In diesen Bereichen absorbiert zusätzlich in die Atmosphäre gelangendes Kohlendioxid langwellige Strahlung und bewirkt damit eine weitere Erwärmung.

Kohlendioxid absorbiert („schluckt“) langwellige elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlängen. Genauer gesagt, absorbiert das Gas die Strahlung in zusammenhängenden Wellenlängenintervallen, den sogenannten Absorptionsbanden (zur Veranschaulichung siehe Langematz 2007, Seite 2). Es gibt zwei relevante CO₂-Absorptionsbanden in einem Wellenlängenbereich um 4,3 µm (Mikrometer) herum und um 15 µm. In diesen Wellenlängenbereichen absorbiert Kohlendioxid von der Erdoberfläche und aus der Atmosphäre kommende langwellige elektromagnetische Strahlung.

Die 15 µm-Bande ist im Zentralbereich – das ist der Wellenlängenbereich in der Mitte der Bande um 15 µm herum – tatsächlich schon weitgehend gesättigt. Das bedeutet, dass zusätzlich in die Atmosphäre gelangendes Kohlendioxid auf die Absorption in diesem Teilbereich der Bande keinen Einfluss hat, weil das in der Atmosphäre befindliche Kohlendioxid die Wellenlängen in dem Teilbereich bereits vollständig absorbiert (siehe Hoffmann 2009, Bilder 4 und 5).

Dies gilt aber nicht für die Flanken- oder Randbereiche der 15 µm-Bande, also für die Wellenlängen an den Rändern der

Bande. In diesen Bereichen absorbiert zusätzlich in die Atmosphäre gelangendes Kohlendioxid langwellige Strahlung. Deshalb bedeutet eine atmosphärische CO₂-Zunahme auch eine höhere Absorption elektromagnetischer Strahlung (DMG 1999, Hoffmann 2009). Zur Untersuchung der Absorptionseigenschaften von Kohlendioxid sind allerdings äußerst genaue Messungen notwendig. Diese können nur von entsprechend eingerichteten Instituten mit der erforderlichen Präzision durchgeführt werden.

Ein Vergleich mit der Venusatmosphäre zeigt, wie viel Spielraum der durch den Menschen verursachte Treibhauseffekt prinzipiell noch zulässt. Ihr CO₂-Gehalt liegt bei 96,5 % (Erdatmosphäre 0,037 %). Auf der Venus herrscht ein gigantischer Treibhauseffekt. Obwohl 95 % des einfallenden Sonnenlichtes durch die dichten Wolken reflektiert werden, reichen die restlichen 5 % aus, um unseren Nachbarplaneten aufzuheizen. An der Venusoberfläche herrscht eine mittlere Temperatur von 468 °C (ESA 2012).

13

Wie kann man
überhaupt das
Klima vorhersagen,
wenn schon eine
Wettervorhersage
für zwei Wochen
im Voraus
nicht stimmt?

Wie kann man überhaupt das Klima vorhersagen, wenn schon eine Wettervorhersage für zwei Wochen im Voraus nicht stimmt?

Wettervorhersagen und Klimasimulationen sind in unterschiedlicher Weise begrenzt. Die Wettervorhersage ist auf einige Tage im Voraus beschränkt. Bei der Klimamodellierung hängt das Ergebnis wesentlich von den Randbedingungen im Simulationszeitraum (z.B. der zeitlichen Änderung der Solarstrahlung) ab. Wenn diese Randbedingungen realitätsnah vorgegeben werden können, besteht auch die Möglichkeit, das Klima realitätsnah zu simulieren.

Zum besseren Verständnis dieser Thematik gehen wir auf einen wesentlichen Unterschied zwischen Wettervorhersage und Klimamodellierung ein. Bei der modellgestützten Wettervorhersage wird von einem Anfangszustand mit Hilfe eines physikalischen Gleichungssystems schrittweise in die Zukunft gerechnet. Dabei müssen die meteorologischen Größen (wie beispielsweise Druck, Wind und Temperatur) zum Anfangszeitpunkt der Simulation sehr genau bestimmt werden. Denn bereits kleine Änderungen in diesem Anfangszustand der Atmosphäre können große Änderungen in der Vorhersage bewirken. Je länger der Vorhersagezeitraum ist, desto größer werden diese Änderungen. Die Meteorologinnen und Meteorologen können den Anfangszustand aber nie mit 100 %iger Genauigkeit ermitteln. Das hängt in erster Linie damit zusammen, dass keine flächendeckenden Beobachtungen / Messungen der meteorologischen Größen vorhanden sind. Denn die meteorologischen Beobachtungsstationen haben größere Abstände voneinander und sind Teil eines Beobachtungsnetzes. Um die Wettervorhersage wesentlich präziser zu gestalten, bräuchten die Fachleute ein dichteres Beobachtungsnetz mit geringeren Abständen zwischen den Stationen. Deshalb ist die modellgestützte Wettervorhersage in ihrer Güte durch das Netz an Beobachtungs-

stationen eingegrenzt. Darüber hinaus enthalten die Messwerte zufällige und unter Umständen systematische Fehler, die sich gleichfalls auf die Vorhersage auswirken.

Bei der Klimamodellierung ist die Herangehensweise anders: Das Ergebnis von Klimasimulationen hängt weniger vom Anfangszustand der Atmosphäre, sondern vielmehr von den Randbedingungen im Simulationszeitraum ab. Zu den Randbedingungen zählen die zeitliche Entwicklung der atmosphärischen Konzentrationen von Treibhausgasen, die zeitliche Änderung der Solarstrahlung, die zeitliche Änderung der Beschaffenheit der Erdoberfläche und weiteren Faktoren. Diese Einflussfaktoren sind für die Zukunft meist nicht genau bekannt, aber sie können im Rahmen von Szenarien vorgegeben werden. Fachleute nutzen derartige Szenarien und rechnen dann mit den Klimamodellen verschiedene Fälle durch. Zum Beispiel: Welche Klimaänderungen resultieren, wenn sich die atmosphärischen Treibhausgaskonzentrationen künftig in unterschiedlichem Maße ändern? Oder: Mit welcher Klimaänderung müssen wir rechnen, wenn große Teile des tropischen Regenwaldes vernichtet werden? Was passiert, wenn die Sonnenstrahlung über mehrere Dekaden gering bleibt?

Wettervorhersagen und Klimasimulationen sind demnach in unterschiedlicher Weise begrenzt. Die Wettervorhersage ist auf einige Tage im Voraus beschränkt. Wir können zwar mit einem Modell das Wetter für einige Wochen im Voraus berechnen, aber das Ergebnis ist nutzlos, weil Vorhersage und Wirklichkeit mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht übereinstimmen werden. Bei der Klimamodellierung hängt das Ergebnis wesentlich von den oben genannten Randbedingungen im Simulationszeitraum ab. Wenn diese Randbedingungen realitätsnah vorgegeben werden können, besteht auch die Möglichkeit, das Klima realitätsnah zu simulieren.

Weil die Randbedingungen bei Simulationen des zukünftigen Klimas (wie die künftige Entwicklung der Treibhausgaskonzentrationen) jedoch nicht genau bekannt sind und in Form von Szenarien vorgegeben werden müssen, bezeichnen viele Fachleute die Ergebnisse von Klimamodellen auch treffender als Klimaprojektionen und nicht als Vorhersagen. Damit verdeutlichen sie, dass je nach Vorgabe der Randbedingungen verschiedene Pfade der künftigen Entwicklung des Klimas möglich sind.





Ein durch anhaltende Dürre austrocknendes Flussbett in Australien

14

Warum **sollte man den** **Ergebnissen von** Klimamodellen vertrauen?

Warum sollte man den Ergebnissen von Klimamodellen vertrauen?

Das Vertrauen in Klimamodelle basiert auf deren physikalischen Grundlagen und der Fähigkeit, das beobachtete Klima sowie Klimaänderungen der Vergangenheit abzubilden.

Klimamodelle basieren auf anerkannten physikalischen Gesetzen, wie der Erhaltung von Masse, Energie und Impuls. Sie sind in der Lage, grundlegende Züge des aktuellen Klimas wiederzugeben. Das belegen Vergleiche mit Beobachtungsdaten. In den vergangenen Jahren fand im Rahmen organisierter Multi-Modell-Vergleiche eine äußerst umfangreiche Prüfung und Bewertung von Klimamodellen statt. Die Modelle zeigen beachtliche Erfolge bei der Darstellung wichtiger Eigenschaften des Klimas. Dazu gehören die großflächige Verteilung der Lufttemperatur, des Niederschlags, der Strahlung und des Windes sowie der Meerestemperaturen, der Meeresströmungen und der Meereisbedeckung. Darüber hinaus geben Modelle wesentliche Aspekte der Klimavariabilität wieder. Beispiele hierfür sind der Vorstoß und der Rückzug der großen Monsunsysteme oder saisonale Verschiebungen der Temperatur, der Zugbahnen der Stürme und der Regengürtel. Diese Fähigkeit von Klimamodellen steigert unser Vertrauen darin, dass sie die grundlegenden physikalischen Prozesse abbilden, die für die Simulation zukünftiger Klimaänderungen wichtig sind.

Ein weiterer Grund für das Vertrauen in Klimamodelle beruht auf der Fähigkeit der Modelle, vergangene Klimaänderungen zu reproduzieren. Die Modelle wurden zur Simulation historischer Klimazustände eingesetzt, z.B. des warmen Mittelholozäns vor 6.000 Jahren oder des letzten glazialen Maximums (Höhepunkt der letzten Vereisung) vor 21.000 Jahren. Sie können viele Merkmale wie das Ausmaß und das großräumige Muster der Abkühl-

lung der Ozeane während der letzten Eiszeit reproduzieren (im Rahmen der Unsicherheiten bei der Rekonstruktion vergangener Klimazustände).

Auch der globale Temperaturtrend des vergangenen Jahrhunderts, für das Beobachtungsdaten vorliegen, wird von den Modellen gut nachgebildet. Es gelingt, sowohl die stärkere Erwärmung der Arktis, als auch die kurzfristige, weltweite Abkühlung nach großen Vulkanausbrüchen zu simulieren. Globale Temperaturprojektionen der letzten beiden Jahrzehnte stimmen ebenfalls insgesamt mit den anschließenden Beobachtungen in diesem Zeitraum überein.

Die Klimamodelle werden dahingehend ausgebaut, dass sie immer mehr physikalische Prozesse und Wechselwirkungen innerhalb des Klimasystems abbilden. Beispielsweise hat die Wissenschaft vor Kurzem die Reaktion von Pflanzen, die biologischen und chemischen Wechselwirkungen im Ozean und die Dynamik von Eisschilden in einige globale Klimamodelle mit einbezogen. Durch die ständige Weiterentwicklung der Rechentechnik und zunehmende Rechenleistungen von Großrechnern kann die räumliche Auflösung der Modelle weiter erhöht werden. Dadurch werden auch kleinräumigere Prozesse wie extreme Wetterereignisse besser darstellbar.

Fazit: Das Vertrauen in Klimamodelle basiert auf deren physikalischen Grundlagen und der Fähigkeit, das beobachtete Klima sowie Klimaänderungen der Vergangenheit abzubilden. Defizite⁵ bestehen zweifellos. Jedoch lieferten Klimamodelle über mehrere Jahrzehnte der Modellentwicklung durchgängig ein robustes und eindeutiges Bild einer signifikanten Klimaerwärmung als Reaktion auf zunehmende Treibhausgaskonzentrationen (IPCC 2007, S. 600-601).

5

Beispielsweise bestehende Unsicherheiten bei der Simulation von Wolken, deren Wechselwirkung mit Aerosolen (kleine, in der Atmosphäre schwimmende Teilchen) sowie der Reaktion von Wolken auf Klimaänderungen.

15

Ist ein
wärmeres Klima
nicht generell von
Vorteil?

Ist ein wärmeres Klima nicht generell von Vorteil?

Die gegenwärtige Erwärmung des Klimas geht sehr schnell vonstatten. Deshalb besteht die Gefahr, dass sich die menschliche Gesellschaft, die Tier- und Pflanzenwelt nicht schnell genug an die neuen Verhältnisse anpassen können. Das Leben der Menschen sowie vieler Tier- und Pflanzenarten wäre dann bedroht.

Ein wärmeres Klima ist möglicherweise für bestimmte Gebiete und die dort lebenden Menschen, für bestimmte Pflanzen und Tierarten von Vorteil. Die Nachteile hingegen wiegen weit schwerer als diese möglichen Vorteile. Die größte Gefahr besteht in der Geschwindigkeit, mit der die gegenwärtige Klimaerwärmung vonstattengeht und laut Projektionen auch fortschreiten wird. Diese schnelle Änderung des Klimas ist sehr wahrscheinlich einmalig in der Geschichte der Menschheit. Die menschliche Gesellschaft ist mit ihrer Infrastruktur an das gegenwärtige Klima angepasst. Das gilt auch für Ökosysteme bzw. die Pflanzen- und Tierwelt. Eine schnelle Klimaänderung könnte nicht genug Zeit zur Anpassung an die neuen Verhältnisse lassen. Das Leben der Menschen sowie vieler Tier- und Pflanzenarten wäre dann bedroht.

Es gibt Erkenntnisse darüber, dass es in der Erdgeschichte offenbar mehrfach zu einem Massenaussterben von Arten gekommen ist. Das größte Ereignis dieser Art fand vor etwa 250 Millionen Jahren statt. Das war etwa an der Grenze der beiden Erdzeitalter Perm und Trias. Damals gelangten nach gegenwärtigem Kenntnisstand gewaltige Mengen an Kohlendioxid und giftigem Chlorwasserstoff durch Gas- und Vulkanausbrüche in die Atmosphäre. Das Klima erwärmte sich außeror-

dentlich stark. Durch das Zusammenspiel von giftigen Gasen, Klimaerwärmung und enormer Versauerung der Meere starb in der Folge etwa 90 % des Lebens auf der Erde aus (*Sobolev u.a. 2011*). Das Beispiel verdeutlicht die kolossalnen Auswirkungen, die mit Klimaänderungen in geologischer Vorzeit verbunden waren.



16

**Sind die Berichte
des IPCC eine
zuverlässige und
objektive Quelle
zur Einschätzung
des wissenschaft-
lichen Kenntnis-
standes?**

Sind die Berichte des IPCC eine zuverlässige und objektive Quelle zur Einschätzung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes?

Hunderte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der ganzen Welt erarbeiten die IPCC-Berichte. Sie führen keine gezielten Forschungsarbeiten zum Verfassen der Berichte durch, sondern werten die bis dahin weltweit erschienene Fachliteratur auf dem Gebiet der Klimaforschung aus. Die Berichte durchlaufen in ihrer Erarbeitungsphase einen umfassenden und transparenten Begutachtungsprozess durch Fachleute sowie Regierungsvertreter und -vertreterinnen, an dem alle Mitgliedsländer beteiligt sind.

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen – IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) – wurde 1988 von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet. Aufgabe des IPCC ist es, die besten verfügbaren wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Erkenntnisse zu Klimaänderungen weltweit, umfassend und transparent zu bewerten.

Zu folgenden Themengebieten richtete der IPCC Arbeitsgruppen ein:

- *Arbeitsgruppe 1 beschreibt die physikalischen Grundlagen des Klimas;*
- *Arbeitsgruppe 2 beschäftigt sich mit den Auswirkungen der Klimaänderungen auf Ökosysteme und Gesellschaften, der Verwundbarkeit und der Anpassung an den Klimawandel;*
- *Arbeitsgruppe 3 befasst sich mit dem Thema der Minderung von Treibhausgasen.*

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Arbeitsgruppen legen in ihren jeweiligen Berichten eine umfassende Bewertung des aktuellen Kenntnisstandes der Klimawissenschaft vor. Grundlage dieser Bewertung ist die weltweit veröffentlichte und geprüfte Fachliteratur. Seit 1990 veröffentlichte der IPCC in Abständen von fünf bis sechs Jahren insgesamt vier umfangreiche Sachstandsberichte (siehe auch Teil B, Abschnitt 4). Neben diesen Berichten werden zusätzlich je nach Bedarf Sonderberichte zu ausgewählten Themen sowie Methodikberichte erarbeitet.

Das Regelwerk des IPCC legt klar definierte Abläufe für die Erarbeitung der Berichte fest. Im Zeitraum von 2010 bis 2012 führte der IPCC einen umfassenden Reformprozess durch. Dieser optimiert unter anderem auch die Regeln zur Ausarbeitung der Berichte und gestaltet den gesamten Prozess der Berichtserarbeitung noch transparenter. Darüber hinaus erfolgten in den Bereichen des Managements, der Kommunikation und der Interessenskonflikte deutliche Verbesserungen. Damit optimiert der IPCC die Prozesse seiner weiteren Arbeit, sorgt für zusätzliche Transparenz und für ein gestärktes Vertrauen in die Ergebnisse.

Weltweit erarbeiten hunderte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Berichte. Sie führen nicht extra gezielte Forschungsarbeiten zum Verfassen der IPCC-Berichte durch, wie fälschlicherweise oft vermutet wird. Ihre Aufgabe besteht vielmehr darin, die bis dahin weltweit erschienene Fachliteratur auf dem Gebiet der Klimaforschung zu sichten. Darüber hinaus tragen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IPCC den neuesten Kenntnisstand zum Thema zusammen und stellen die vorhandenen Erkenntnisse objektiv und ausgewogen im Bericht dar. Die Berichte durchlaufen in ihrer Erarbeitungsphase einen umfassenden und transparenten Begutachtungsprozess (Review) durch Fachleute sowie Regierungsvertreter und -vertreterinnen, an dem alle Mitgliedsländer weltweit beteiligt sind.

Aus den Regeln des IPCC geht klar hervor, dass die in den Berichten dargelegten Erkenntnisse für die Politik relevant sein sollen. Allerdings sollen sie der Politik aber keine Handlungen auferlegen (Formulierung in Englisch: „policy relevant but not policy prescriptive“). Die in mehr als 20 Jahren veröffentlichten zahlreichen Berichte des IPCC wurden zu Standardwerken. Sie werden von Wissenschaftlern, politischen Entscheidungsträgern und weiteren Experten intensiv genutzt.

*Der Rhonegletscher in
der Schweiz*





90 | 91

17

Übertreiben
Wissenschaftlerinnen und
Wissenschaftler
die Gefahren des
Klimawandels,
um mehr
Forschungsmittel
zu bekommen?

Übertreiben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Gefahren des Klimawandels, um mehr Forschungsmittel zu bekommen?

Es gibt weder überzeugende Argumente noch Belege dafür, dass weltweit die Fachleute einer ganzen Wissenschaftsdisziplin übertreiben, um an mehr Gelder für die Forschung heranzukommen. Im Gegenteil: Wenn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Thesen vertreten, die sich später als unhaltbar erweisen oder wenn sie unzutreffende Darstellungen verbreiten, ist ihr wissenschaftliches Ansehen – unter Umständen für ihre gesamte wissenschaftliche Laufbahn – beschädigt.

Dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler übertreiben oder sogar Sachverhalte falsch darstellen, um Forschungsmittel zu bekommen, ist ein verbreiteter Vorwurf. Nicht zuletzt ist der Vorwurf deshalb verbreitet, weil das Gegenteil schwer zu beweisen ist. Zumal hat es in Einzelfällen derartige Vorkommnisse in der Wissenschaft schon gegeben. Im Falle der Klimaforschung wäre jedoch ein ganzer Wissenschaftszweig betroffen. Wer mit dem gesunden Menschenverstand an diesen Vorwurf heran geht, kommt zwangsläufig zu folgenden Schlüssen.

Das Ansehen in der Wissenschaft hängt in starkem Maße von der wissenschaftlichen Reputation ab. Wenn Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Thesen vertreten, die sich später als unhaltbar erweisen oder wenn sie unzutreffende Darstellungen verbreiten, ist ihr wissenschaftliches Ansehen – unter Umständen für ihre gesamte wissenschaftliche Laufbahn – beschädigt. Daher machen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Regel sehr bedachte Äußerungen. Es ist ihnen daran gelegen, keine voreiligen oder ungesicherten Be-

hauptungen aufzustellen. Aus diesen Gründen ist es äußerst unwahrscheinlich, dass ein Kollektiv von mehreren tausend Klimaforscherinnen und Klimaforschern aus vielen verschiedenen Ländern in einem riesigen Komplott gegenüber der Öffentlichkeit das Zerrbild der Gefahr einer globalen Erwärmung zeichnet, nur um an Forschungsmittel heranzukommen. Darüber hinaus kann niemand ernsthaft annehmen, dass ausgegerechnet die Masse der Klimaforscher ausschließlich aus gewissenlosen Menschen besteht, die nur aus Geldgier die Welt in Angst und Schrecken versetzen.

Im Hinblick auf Übertreibungen sollte zudem bedacht werden, dass auch der Journalismus und die Medien eine wichtige Rolle spielen. Die meisten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bemühen sich in Gesprächen mit Journalisten um eine möglichst ausgewogene und genaue Darstellung, die Risiken weder übertreibt noch herunterspielt. In den Medien jedoch sind kurze, klare Aussagen und nicht selten auch zugkräftige Schlagzeilen gefragt. So ist es schon vorgekommen, dass dieselben Aussagen von einem Journalisten als Beleg für Entwarnung, von einem anderen für einen sehr dramatisierenden Artikel genutzt wurden. Hinsichtlich der Klimawissenschaft geschieht es mitunter, dass Außenseitermeinungen in den Medien als allgemein akzeptierte Erkenntnis dargestellt werden. Scheinbar gern zitieren manche Medien auch Wissenschaftler völlig anderer Fachrichtungen mit Aussagen zur Klimaforschung. Immer wieder müssen Klimaforscher falsche oder unzureichende Darstellungen richtigstellen.

B



Entstehung und gezielte Verbreitung von Zweifeln an den **wissenschaftlichen **Erkenntnissen zur** *anthropogenen* *Klimaerwärmung***

1. Konsens in der Wissenschaft – Scheindebatten in der Öffentlichkeit

Kein anderer Zweig der Wissenschaft stand in den vergangenen Jahren derart im Lichte der breiten Öffentlichkeit und auch im Kreuzfeuer der Kritik wie die Klimaforschung. Grundsätzlich ist es zwar positiv, wenn eine Wissenschaft viel Beachtung findet. Jedoch geht im Falle der Klimaforschung die öffentliche Auseinandersetzung mit diesem komplexen Thema weit über das Maß einer kritischen Diskussion hinaus. Neben der sachlichen Aufbereitung und Verbreitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse gibt es eine lange Liste von fragwürdigen Herangehensweisen bis hin zu Verunglimpfungen von Klimaforschern und Aktivitäten am Rande der Legalität. So stellen beispielsweise Personen ohne Fachwissen und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Klimawissenschaft Thesen auf, die dem wissenschaftlichen Kenntnisstand und Konsens widersprechen. Fachpublikationen, die vermeintlich den bisherigen Kenntnisstand ins „Wackeln“ bringen könnten, werden nicht mehr nur interessiert, sondern begierig aufgegriffen und medial in künstlicher Weise – und häufig falscher Interpretation – hochgespielt. Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen – IPCC – wird als politische Organisation bezeichnet und dessen wissenschaftliche Sachstandsberichte – in denen der aktuelle Stand der Klimaforschung auf der Grundlage wissenschaftlicher Veröffentlichungen zusammengefasst ist – in Misskredit gezogen. Klimawissenschaftler werden persönlich angegriffen und regelrecht verleumdet. Selbst private E-Mails von Klimaforschern wurden gestohlen und ins Internet gestellt. *Klimaretter.Info* 2012 berichtete, dass in den USA Anfang 2012 ein Rechtshilfefond gebildet wurde, der bedrängte Klimaforscher bei anfallenden Prozesskosten unterstützen soll.

Für den Personenkreis, der die Erkenntnisse der Klimawissenschaft nicht anerkennt, hat sich sogar ein feststehender Begriff durchgesetzt: „Klimawandelskeptiker“ (Kurzbezeichnung: Klimaskeptiker) oder auch „Klimawandelleugner“. In Suchmaschinen des Internets finden sich unzählige Einträge zu diesen Begriffen.

Während in Zeitschriften, Rundfunk und Fernsehen wiederholt das Bild gegensätzlicher Auffassungen in der Klimaforschung

gezeichnet wird, herrscht dagegen in der wissenschaftlichen Gemeinschaft weitgehend Einigkeit⁶. Naomi Oreskes, Professorin für Geschichte und Wissenschaftsforschung an der Universität von Kalifornien, San Diego, untersuchte 928 begutachtete Publikationen, die zwischen 1993 und 2003 in Fachzeitschriften unter dem Schlüsselwort „globale Klimaänderung“ veröffentlicht wurden (*Oreskes 2004*). In keiner einzigen dieser Veröffentlichungen wurde der Erkenntnis von der anthropogenen – durch den Menschen verursachten – Klimaerwärmung widersprochen. Auch *Anderegg u. a. 2010* untersuchten anhand von Publikationen und schriftlichen Stellungnahmen die Positionen von 1372 Klimaforschern und veröffentlichten ihre Ergebnisse in der begutachteten Fachzeitschrift der Akademie der Wissenschaften der USA („Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America“, PNAS). Die Autoren bestätigten, dass 97 – 98 Prozent der aktiv in Fachzeitschriften publizierenden Klimaforscher mit der folgenden grundlegenden Aussage des IPCC übereinstimmen: „Die durch den Menschen verursachten Treibhausgase sind für den größten Teil des zweifelsfrei erwiesenen Anstiegs der bodennahen globalen Mitteltemperatur seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verantwortlich“.

Warum steht dann ausgerechnet die Klimawissenschaft in der Öffentlichkeit derartig unter Beschuss? Wer sich tiefgründig mit diesem Thema auseinandersetzt, kommt zwangsläufig zur Interessensfrage: Welche Kreise haben ein Interesse daran, die globale Erwärmung des Klimas mit all ihren Gefahren zu verharmlosen, zu bestreiten oder deren Ursachen in Frage zu stellen? In den folgenden Abschnitten stehen die Verursacher des Zweifels an der anthropogenen Erwärmung des Klimas sowie deren Methoden im Mittelpunkt. Wir beleuchten zunächst die Entwicklungen in den USA, da die „Klimawandelskeptiker“ dort bereits seit Ende der 1980er Jahre aktiv waren und großen Einfluss in Öffentlichkeit und Politik erlangten. Von den vielen Informationsquellen, die es zu diesem Thema gibt, stützen wir uns exemplarisch auf die ausführliche Dokumentation in *UCS 2007*. Diesbezügliche Informationen sind unter anderem auch in *Germanwatch 2008*, *Beck 2010*, *Greenpeace 2010*, *Blasberg und Kohlenberg 2012* und *Brunnengräber 2013* enthalten.

6

Der Klimaforscher Prof. Dr. Stefan Rahmstorf schreibt in diesem Zusammenhang: „Tatsächlich hat die in den Medien ausgetragene „Skeptikerdiskussion“ kaum etwas mit echten Diskussionen zum Klimawandel unter Fachleuten zu tun; die in den Medien vorgebrachten Argumente richten sich meist gezielt an Laien und nutzen deren Unkenntnis der grundlegenden Daten und Zusammenhänge aus.“ (Rahmstorf 2009)

2. Die Erkenntnisse der Union of Concerned Scientists über die Verbreitung von Zweifeln und Falschinformationen

Im Jahre 2007 veröffentlichte die US-amerikanische Wissenschaftlervereinigung „Union of Concerned Scientists“ (UCS; deutsch: Vereinigung besorgter Wissenschaftler)⁷ eine Studie unter der Überschrift: „Smoke, Mirrors & Hot Air“ (UCS 2007). Die UCS zeigt in dieser Studie auf, wie ExxonMobil – laut eigenen Angaben der größte Erdölkonzern der Welt – eine Kampagne zur systematischen Desinformation der Öffentlichkeit über die Ergebnisse der Klimawissenschaft finanzierte. Dabei baute ExxonMobil auf die gleichen Methoden und zum Teil sogar auf die gleichen Akteure, wie schon zuvor in der jahrelangen Verbreitung von Falschinformationen über die vermeintliche Unschädlichkeit des Rauchens (siehe auch *Germanwatch 2008, Greenpeace 2010*).

Die UCS wurde 1969 am Massachusetts Institute of Technology von Wissenschaftlern und Studenten gegründet. Gegenwärtig hat dieser gemeinnützige Verein nach eigenen Angaben über 400.000 Mitglieder. Neben Maßnahmen zum Klimaschutz setzt sich die UCS auch für nukleare Abrüstung sowie für nachhaltige Lösungen in der Energieerzeugung, der Landwirtschaft und dem Verkehr ein.

Ende der 1980er Jahre gelangten die Erkenntnisse über die Gefahr einer globalen Erwärmung mehr und mehr in die Öffentlichkeit. Viele Konzerne standen dieser Entwicklung besorgt gegenüber. Darunter auch ExxonMobil, der als größtes Unternehmen in der Öl- und Gasbranche auch für hohe Emissionen von Treibhausgasen verantwortlich war. Von Beginn der Debatte an argumentierte ExxonMobil, dass kein Erwärmungstrend existiere und dass eine Verbindung zwischen menschlicher Tätigkeit und Klimaänderung nicht nachgewiesen werden könne.

1989 schloss sich ExxonMobil mit anderen Energie-, Automobil- und Industrieunternehmen zusammen, und es entstand daraus die Global Climate Coalition (deutsch: Globale Klimenkoalition). ExxonMobil und andere Mitglieder dieser Koalition bestritten die Notwendigkeit von Maßnahmen gegen die globale Erwärmung. Sie betonten vor allem offene Fragen in der Klimawissenschaft und versuchten nachzuweisen, dass das Problem der durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung gar nicht existiert (vgl. auch Beck 2010).

Während die Erkenntnisse der Klimawissenschaft untermauert wurden und sich die Mehrheit der Industrieländer der Welt 1997 im Kyoto-Protokoll zur Minderung ihrer Treibhaus-

gasemissionen verpflichtete, unterstützte ExxonMobil 1998 die Einrichtung eines Arbeitsstabes mit der Bezeichnung „Global Climate Science Team“ (deutsch: Globales Klimawissenschaftsteam). In einem Schriftstück vom selben Jahr entwarf das Global Climate Science Team eine Strategie zur Verbreitung von Zweifeln an der anthropogenen Klimaerwärmung. Diese Strategie entstand in Anlehnung an die Desinformationskampagne der Tabakindustrie. Unter Einsatz beträchtlicher finanzieller Mittel sollte ExxonMobil mit seinen Partnern für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit ein Programm zur Information der nationalen Medien über die Unsicherheiten in der Klimawissenschaft entwickeln und umsetzen (*UCS 2007*).

2.1 ExxonMobil finanziert Institutionen für die Verbreitung von Falschinformationen

Zwischen 1998 und 2005 zahlte ExxonMobil insgesamt 16 Millionen Dollar an ausgewählte Institutionen für die Verbreitung von Falschinformationen über die globale Erwärmung. *UCS 2007* (S. 31–33) listet 43 Institutionen auf und die genauen Geldbeträge, die flossen. Diese Vielzahl an scheinbar unabhängigen und gemeinnützigen Organisationen täuschte eine breit aufgestellte und differenzierte Bewegung von Gegnern der anthropogenen Klimaerwärmung vor. Allerdings war es Tatsache, dass die meisten dieser Institutionen identische wissenschaftliche Berater hatten.

Beispielsweise erhielt das George C. Marshall Institute bis zum Jahr 2005 630.000 Dollar von ExxonMobil zur Unterstützung der Arbeiten auf dem Gebiet der globalen Klimaänderung. In den 1990er Jahren war das Institut in erster Linie als Befürworter eines Programms zur Raketenabwehr im Weltraum bekannt. Später wurde es dann zu einer wichtigen Plattform der industriefinanzierten Kampagne zur Desinformation über die anthropogene Klimaänderung. An der Spitze des Instituts stand William O’Keefe, der zuvor als Vizepräsident des American Petroleum Institute gearbeitet hatte. Das American Petroleum Institute ist der größte Interessenverband der Öl- und Gasindustrie in den USA. William O’Keefe saß außerdem im Aufsichtsrat des (auch von ExxonMobil mit 2.005.000 \$ bezuschussten) Competitive Enterprise Institute (deutsch: Institut für wettbewerbsfähige Unternehmen) und hatte den Vorsitz der Global Climate Coalition innegehabt. Das Marshall Ins-

titude trat mit häufigen Publikationen und Rundtischgesprächen in Erscheinung. 2006 erschien das Buch „The True State of Global Warming“ (deutsch: Die Wahrheit über die globale Erwärmung) von Patrick Michaels, einem bekannten Vertreter der „Klimawandelskeptiker“. Michaels gehörte mindestens 10 Organisationen an, die von ExxonMobil gesponsert wurden. Beiträge zu diesem Buch lieferten auch Sallie Baliunas, Robert Balling, John Christy, Ross McKittrick und Willie Soon, die ebenfalls für etliche der finanzierten Institutionen tätig waren (vgl. UCS 2007, S. 34–36).

2.2 Wissenschaftler im Dienst der „Klimawandelskeptiker“

Im Strategiepapier des Global Climate Science Teams von 1998 war neben der Finanzierung von Organisationen auch vorgesehen, einige Wissenschaftler aufzustellen, die Gegenthesen zur anthropogenen Erwärmung publizieren und in der Öffentlichkeit in Erscheinung treten sollten. Neben bekannten Vertretern wie dem Physiker Frederick Singer, der bereits in der Desinformationskampagne der Tabakindustrie mitgewirkt hatte, sollten auch Wissenschaftler gefunden werden, die zuvor in der Debatte um den Klimawandel nicht sichtbar gewesen waren. ExxonMobil gelang es, die Astrophysiker Sallie Baliunas und Willie Soon vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (deutsch: Harvard-Smithsonian Forschungszentrum für Astrophysik) zu verpflichten. Sallie Baliunas schrieb zunächst einige Artikel für das Marshall Institute, in denen sie die These aufstellte, dass Änderungen der Sonnenaktivität die globale Erwärmung hervorrufen könnten (UCS 2007).

2003 machten Baliunas und Soon besonders auf sich aufmerksam, als es ihnen gelang, einen Artikel in der begutachteten, wissenschaftlichen Zeitschrift *Climate Research* (deutsch: Klimaforschung) zu etablieren (*Soon und Baliunas 2003*). In diesem Artikel behaupteten Baliunas und Soon, dass das 20. Jahrhundert nicht das wärmste der letzten 1000 Jahre gewesen sei und dass sich das Klima in diesem Zeitraum nicht signifikant geändert hätte. Die von ExxonMobil finanzierten Institutionen sorgten dafür, dass das Papier große Aufmerksamkeit und Verbreitung in der Öffentlichkeit erfuhr (UCS 2007).

Über die Reaktionen auf den Artikel von Baliunas und Soon erfuhr die Öffentlichkeit dagegen erheblich weniger. Die He-

rausgeber der Zeitschrift Climate Research distanzierten sich im Nachhinein von dem Artikel. Der Klimaforscher Hans von Storch legte – neben weiteren Herausgebern der Zeitschrift – sein Amt als Chefredakteur der Climate Research nieder. Von Storch bezeichnete das Manuskript des Artikels als fehlerhaft. Dreizehn der im Artikel zitierten Wissenschaftler veröffentlichten eine Widerlegung, in der sie erklärten, dass Soon und Baliunas ihre Forschungsergebnisse falsch interpretiert hätten. Trotz dieser Vorkommnisse um die Richtigstellung des fehlerhaften Artikels wurden Baliunas und Soon zu zentralen Akteuren in der Desinformationskampagne von ExxonMobil (UCS 2007).

Ein weiterer Wissenschaftler, der auf der Bühne der „Klimawandelskeptiker“ agierte, war der Physiker Frederick Seitz. Er war von 1962 bis 1969 Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften der USA. 1998 ersuchte Frederick Seitz Wissenschaftler in einem Rundbrief, eine Petition des bis dahin praktisch unbekannten Oregon Institute of Science and Medicine (deutsch: Oregon Institut für Wissenschaft und Medizin) zu unterzeichnen. In der Petition wurde die US-Regierung aufgerufen, das Kyoto-Protokoll zurückzuweisen. Seitz unterschrieb den Rundbrief als früherer Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften. Außerdem legte er einen – unter anderem von Baliunas und Soon verfassten – Aufsatz bei, in dem behauptet wurde, dass die Emissionen von Kohlendioxid keine Klimaerwärmung hervorrufen. Der Aufsatz war nicht begutachtet, wirkte jedoch äußerlich wie eine Veröffentlichung in der renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschrift der Akademie der Wissenschaften PNAS (UCS 2007).

Die Organisatoren der Petition verkündeten öffentlich, dass etwa 17.000 Wissenschaftler ihre Unterschrift unter das Dokument gesetzt hätten. Es stellte sich jedoch bald heraus, dass die Liste der Unterschriften nur wenige Namen qualifizierter Klimawissenschaftler enthielt. In einer – sonst kaum üblichen – Reaktion auf diesen Vorgang gab die Nationale Akademie der Wissenschaften der USA eine Erklärung heraus. In dieser distanzierte sie sich von der Petition und dem Artikel im PNAS-Format. Trotzdem wurde die Petition auch in späteren Jahren noch als Beleg für die wissenschaftlichen Meinungsverschiedenheiten zur Problematik der globalen Erwärmung herangezogen (UCS 2007).

Jacques u. a. 2008 (S.365 – 366) kommen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass die „Klimawandelskeptiker“ in den USA darüber hinaus unterstützend bei der internationalen Verbreitung „klimaskeptischer“ Inhalte wirkten.

2.3 Politischer Einfluss der „Klimawandelskeptiker“ in den USA

Die „Klimawandelskeptiker“ kamen in den USA zu beträchtlichem politischen Einfluss. Während der Präsidentschaft von George W. Bush gelang es ihnen, Ämter in höchsten politischen Kreisen zu besetzen. So war Philip Cooney zwischen 2001 und 2005 als Stabschef des Rates für Umweltqualität im Weißen Haus tätig und beriet den Präsidenten zu Fragen der Klimawissenschaft und Klimapolitik. Cooney, ein Anwalt mit Abschluss in Ökonomie, arbeitete zuvor viele Jahre als Teamleiter „Klima“ im American Petroleum Institute. Während seiner Amtszeit im Weißen Haus änderte er zahlreiche wissenschaftliche Berichte zur Thematik der globalen Klimaänderung ab. Beispielsweise verstärkte er Aussagen über die wissenschaftlichen Unsicherheiten in unvertretbarer Weise. Als diese Vorfälle öffentlich bekannt wurden, verließ Cooney das Weiße Haus, um eine hochrangige Stelle bei ExxonMobil anzutreten (*UCS 2007*).

Während der Regierungszeit von US-Präsident George W. Bush wurde auf Vorschlag von ExxonMobil Harlan Watson als Chefverhandler der amerikanischen Delegation bei den UN-Klimaverhandlungen eingesetzt. Watson war Mitglied des Wissenschaftsausschusses des Repräsentantenhauses und arbeitete eng mit jenen Kongressmitgliedern zusammen, die gegen Maßnahmen zum Klimaschutz eingestellt waren. Er lehnte jegliches Engagement der USA im Kyoto-Prozess ab.

Zwischen 2004 und 2006 war Joe Barton Vorsitzender des Energie- und Wirtschaftsausschusses des Repräsentantenhauses. Zu den Aufgabenbereichen des Ausschusses gehören unter anderem die Energieversorgung und die Reinhal tung der Luft. Barton erhielt laut UCS während seiner Karriere mehr als 1 Million Dollar von der Öl- und Gasindustrie. Er spielte eine Schlüsselrolle bei der Verbreitung von irreführenden Aussagen und der Verzögerung von Maßnahmen gegen die globale Erwärmung. 2005 schickte Barton Schreiben an die Klimaforscher Michael Mann, Raymond Bradley und Malcolm Hughes

und verlangte Auskunft über zwei Studien aus den Jahren 1998 und 1999. Er forderte in diesen Schreiben eine enorme Menge an Daten und Informationen ab, die sich auf die Forschungsarbeit der Wissenschaftler in den zurückliegenden 15 Jahren bezogen. Unter anderem ging es um die Arbeiten zur sogenannten „Hockeyschlägerkurve“, einer nordhemisphärischen Rekonstruktion der Temperaturen im Zeitraum der letzten 1000 Jahre (UCS 2007).

2.3.1 Die „Hockeyschlägerkurve“ von Michael Mann und Kollegen

Die „Hockeyschlägerkurve“ aus der erwähnten Studie von 1999 zeigt Jahresmittelwerte der Temperatur, die einerseits aus indirekten Klimazeugen, darunter Daten von Baumringen und Eisbohrkernen, ermittelt wurden. Andererseits nutzten Mann und seine Kollegen auch Messdaten von Wetterstationen, die seit dem 18. Jahrhundert vorliegen. Die Kurve zeigt zwischen 1000 und 1850 einen moderat abnehmenden Trend, um dann im 20. Jahrhundert jedoch steil ansteigen und damit eine sehr schnelle und starke Erwärmung zu signalisieren. Die Ähnlichkeit mit der Form eines Hockeyschlägers führte zur prägnanten Bezeichnung der Kurve (IPCC 2007, S 466–474).

Der starke Anstieg der Hockeyschlägerkurve ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wirkt alarmierend. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass die Arbeit von Mann und Kollegen Kritik – besonders von Seiten der „Klimawandelskeptiker“ – ausgesetzt war. Zudem sind Temperaturdaten, die aus indirekten Klimazeugen abgeleitet werden, erheblich unsicherer als direkte Temperaturmessungen. Insofern sind diese Daten eine dankbare Zielscheibe für Kritik. Nach 1999 erfolgten jedoch weitere, methodisch verbesserte Untersuchungen zur Hockeyschlägerkurve (auch durch Mann selbst). All diese Arbeiten bestätigen das prinzipielle Ergebnis von Mann und Kollegen: Im Zeitraum um 1000 und 1400 erreichen die Temperaturen zeitweilig das Niveau der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, zwischen 1600 und 1900 liegen sie deutlich unter diesem Niveau und in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts steigen sie an und liegen höher als im Mittelalter (Rahmstorf 2010a und 2012).

Die wissenschaftliche Gemeinschaft reagierte mit Besorgnis auf das Vorgehen Bartons gegen Mann, Bradley und Hughes. Die nationale Akademie der Wissenschaften, die Amerikani-

sche Vereinigung zur Förderung der Wissenschaft und zwanzig führende Klimawissenschaftler wandten sich mit Schreiben an Barton. Selbst der Vorsitzende des Wissenschaftsausschusses und ein hochrangiges Mitglied des Ausschusses für Aufsicht und Regierungsreform des Repräsentantenhauses protestierten gegen den Ton und den Inhalt der Schreiben von Barton. Trotz dieser Kritik führte Barton im Juli 2006 zwei Anhörungen durch, in denen die Forschungsergebnisse von Michael Mann angegriffen wurden (*UCS 2007*).

UCS 2007 schätzt ein, dass ExxonMobil einen außerordentlichen Einfluss auf die Politik der US-Regierung während der Präsidentschaft von George W. Bush hatte. Durch die enge Beziehung zu Regierungsvertretern gelang es ExxonMobil, effektiv hinter den Kulissen zu agieren, politische Maßnahmen auf Bundesebene zu blockieren und die Kommunikation des Themas „globale Erwärmung“ entscheidend mitzugestalten.

2.4 Das Heartland-Institut

In der jüngeren Vergangenheit wurde das Heartland-Institut zu einer wichtigen Stimme der „Klimawandelskeptiker“ in den USA (*Klimaretter.Info 2012b*). In den 1990er Jahren engagierte sich die Organisation gegen Regelungen zum Schutz von Nichtrauchern und erhielt dafür Geld vom Tabakkonzern Philip Morris. Zwischen 1998 und 2005 gehörte das Heartland-Institut mit 561.500 \$ zu den Geldempfängern von ExxonMobil und widmete sich dem Thema Klimawandel (*UCS 2007*). Anfang 2012 kamen interne Dokumente des Heartland-Instituts an die Öffentlichkeit. Aus diesen Papieren geht hervor, dass die Organisation Spenden von Konzernen der Industrie einwirkt. Damit finanziert sie Internetblogs und scheinbar neutrale Organisationen für die Verbreitung von Zweifeln am Klimawandel (*Klimaretter.Info 2012b*, *Klimaretter.Info 2012c*). Darüber hinaus geriet das Institut mit einer Werbekampagne in die Schlagzeilen, bei der Klimaschützer mit Mörfern und Diktatoren verglichen wurden (*Klimaretter.Info 2012d*).

3. Klimaforscherinnen und -forscher nach Diebstahl von E-Mails unter öffentlicher Kritik

Im November 2009 wurde eine große Anzahl von E-Mails und weiteren Dokumenten der Klimaforscherinnen und -forscher der Climatic Research Unit (CRU; deutsch: Klimaforschungsabteilung) der Universität von East Anglia gestohlen. Kurz vor der UN-Klimakonferenz in Kopenhagen im Dezember 2009, an die hohe Erwartungen bestanden, wurden 1079 der gestohlenen E-Mails im Internet veröffentlicht (*Cook u. a. 2011*). Die Medien berichteten ausführlich über die Vorwürfe, die daraufhin den Wissenschaftlern gemacht wurden. Vor allem in Großbritannien und den USA sahen etliche Medien, einige Politiker und Blogger im Internet den Beleg erbracht, dass die Theorie der globalen Erwärmung lediglich eine Verschwörung sei und sprachen in Anlehnung an den Watergate-Skandal von „Climategate“ (*Cook u. a. 2011*).

Im Zentrum der Kritik standen Phil Jones, Professor und Direktor der Climatic Research Unit und Michael Mann, Professor und Direktor des Zentrums für Geowissenschaften der Pennsylvania State University. Die beiden Wissenschaftler wurden beschuldigt, Daten manipuliert und zurückgehalten zu haben. Als Beleg für die Vorwürfe wurden Zitate aus den E-Mails herangezogen, die aus dem Zusammenhang gerissen und für „Nichtfachleute“ missverständlich waren. Es ging beispielsweise um wissenschaftliche Details, die bei der Zusammenstellung und Darstellung umfangreicher und komplexer Datensätze eine Rolle spielen. In den E-Mails war in diesem Zusammenhang von einem „Trick“ die Rede, der als Beleg für Datenmanipulationen interpretiert wurde. Dieser „Trick“ ist jedoch nur eine statistische Methode zur Kombination von gemessenen Temperaturwerten und aus indirekten Klimazeugen rekonstruierten Temperaturdaten. Das in der Fachliteratur publizierte Verfahren ermöglicht es, aktuelle Messwerte in den Kontext von Temperaturänderungen zu stellen, die über lange Zeiträume ermittelt wurden (*Cook u. a. 2011*).

Im Anschluss an die schweren Vorwürfe erfolgten umfangreiche Untersuchungen in Großbritannien und den USA. Der Wissenschafts- und Technologieausschuss des Britischen Unterhauses beurteilte in seinem Bericht die Kritik an der Clima-

tic Research Unit und Phil Jones als unangebracht. Ein von der Universität von East Anglia in Absprache mit der Royal Society eingerichteter internationaler wissenschaftlicher Prüfungsausschuss fand keine Hinweise auf vorsätzliches wissenschaftliches Fehlverhalten in der Arbeit der Climatic Research Unit. Die Pennsylvania State University befand in ihrem abschließenden Untersuchungsbericht, dass die Anschuldigungen gegen Michael Mann substanzlos seien (*Cook u. a. 2011*).

Fazit: Keine der durchgeföhrten Untersuchungen hat Hinweise auf Fälschungen oder gar eine Verschwörung der Klimaforscher ergeben. Kritisch angemerkt wurde lediglich ein falscher Umgang mit Anträgen zur Offenlegung von Daten.

4. Angriffe auf den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC)

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen – IPCC – veröffentlichte seit 1990 vier umfangreiche Sachstandsberichte. In diesen Sachstandsberichten ist der jeweils aktuelle Stand der Forschung zur globalen Erwärmung des Klimas, deren Auswirkungen auf Ökosysteme und die menschliche Gesellschaft sowie Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels zusammengefasst. Nach der Veröffentlichung des 4. Sachstandsberichtes von 2007 – ein Werk von insgesamt 2823 Seiten, an dem über 450 Haupt- und etwa 800 Nebenautoren aus der ganzen Welt arbeiteten – geriet der IPCC auf Grund des Vorwurfs fehlerhafter Angaben in diesem Bericht in die Schlagzeilen. Das Echo auf die Vorwürfe in Zeitungen, Rundfunk und Fernsehen war außerordentlich groß. Als wirkliche Fehler kristallisierten sich am Ende nur zwei an der Zahl heraus (*Rahmstorf u. a. 2010, Rahmstorf 2010, Reuter u. a. 2010*):

- *Der Bericht der IPCC-Arbeitsgruppe 2 (Band 2) enthielt eine falsche Jahreszahl zum Schmelzen der Gletscher im Himalaya (2035 anstelle von 2350). Der Fehler verliert aber an Bedeutung, in Anbetracht dessen, dass Projektionen zum Rückgang der Gletscher Aufgabe der Arbeitsgruppe 1 sind. Das diesbezügliche Kapitel in Band 1 des 4. Sachstandsberichtes enthält völlig korrekte Zahlen zur Gletscherschmelze.*
- *Ein weiterer Fehler in Band 2 betraf eine fehlerhafte Prozentangabe von Gebieten in den Niederlanden, die von Überschwemmungen bedroht sind. Die niederländische Regierung hatte diese Zahl falsch geliefert.*

Die fehlerhaften Angaben waren in keinem der – häufig von Politikern genutzten – zusammenfassenden Werke enthalten, also weder in der Zusammenfassung für Politische Entscheidungsträger, noch im Synthesebericht. Sie hatten auch keinerlei Einfluss auf die grundlegenden Erkenntnisse und Schlussfolgerungen des IPCC. Trotzdem wurde dem IPCC daraufhin unter anderem vorgeworfen, für bestimmte politische Ziele Partei zu ergreifen und mit Hilfe von Katastrophenszenarien ein „Klima der Angst“ schaffen zu wollen (*Beck 2010*).

Die Vereinten Nationen und der IPCC nahmen die Tatsache, dass es überhaupt zu fehlerhaften Angaben gekommen war, sehr ernst. Sie beauftragten gemeinsam ein unabhängiges Gremium, den InterAcademy Council (IAC; deutsch: Inter-Akademischer Rat) mit der Überprüfung der Prozesse und Verfahren des IPCC.

Der InterAcademy Council – ein internationales Netzwerk von Wissenschaftssakademien – bewertete die Aufarbeitung des wissenschaftlichen Sachstandes durch den IPCC grundsätzlich als erfolgreich. Er sprach sich jedoch auch für eine Reihe von Verbesserungen in verschiedenen Bereichen des IPCC aus. Auf der Grundlage dieser Empfehlungen begann im Jahr 2010 ein Reformprozess: Der IPCC setzte Arbeitsgruppen ein, die konkrete Reformvorschläge vorlegten. Im Herbst 2011 wurden diese Vorschläge auf einer IPCC-Plenarsitzung verabschiedet und in der Folge umgesetzt. Die Reformen zielen unter anderem auf verbesserte Strukturen in Führung und Management, effizientere Verfahren bei der Erstellung der IPCC-Berichte und deren Begutachtung (Review-Prozess⁸), auf den Umgang zum

Ausschluss von Interessenskonflikten sowie auf die Beschreibung von Unsicherheiten ab. Darüber hinaus steigern die Reformen die Transparenz der Arbeiten des IPCC und verbessern die Öffentlichkeitsarbeit (vgl. Teil A, Frage 16, UBA 2011a).

8

Der Review-Prozess ist der umfangreiche Begutachtungsprozess, dem die IPCC-Berichte unterliegen. Beim 4. Sachstandsbericht gaben über 2500 Gutachter 90.000 Kommentare ab (Rahmstorf u.a. 2010).

5. „Klimawandelskeptiker“ in Deutschland

In Deutschland haben die „Klimawandelskeptiker“ bei Weitem nicht so einen großen Einfluss in Öffentlichkeit und Politik wie in den USA. Beck 2010 weist darauf hin, dass sich in der Bundesrepublik beispielsweise bereits ab Mitte der 1980er Jahre durch die Arbeit der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages ein breiter Konsens darüber herausgebildet hat, dass der Klimawandel bereits stattfindet, katastrophale Folgen haben wird und sofort und umfassend gehandelt werden muss.

Aber auch hierzulande werden Zweifel verbreitet. Mit Thesen, die dem wissenschaftlichen Konsens widersprechen, macht in Deutschland beispielsweise ein eingetragener Verein unter dem Namen „Europäisches Institut für Klima und Energie (EIKE)“ von sich reden. Laut eigenen Angaben (<http://www.eike-klima-energie.eu/eike/>) ist EIKE „ein Zusammenschluss einer wachsenden Zahl von Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaftlern, Ingenieuren, Publizisten und Politikern, die die Behauptung eines „menschengemachten Klimawandels“ als naturwissenschaftlich nicht begründbar und daher als Schwindel gegenüber der Bevölkerung ansehen. EIKE lehnt folglich jegliche „Klimapolitik“ als einen Vorwand ab, Wirtschaft und Bevölkerung zu bevormunden und das Volk durch Abgaben zu belasten.“ Der Verein betreibt eine Internetseite, organisiert Tagungen und entsendet Vertreter zu Vorträgen (Reuter u. a. 2010, *Klimaretter.Info* 2012a). Jährlich stattfindende Konferenzen hält EIKE gemeinsam mit dem Berlin Manhattan Institut (frühere Bezeichnung: Institut für unternehmerische Freiheit; <http://www.berlinmanhattan.org/veranstaltungen>) ab (Plehwe 2011, Brunnengräber 2013).

Ein Buch mit „klimaskeptischen“ Inhalten, das 2012 erschien und in den Medien zeitweise viel Aufmerksamkeit erfuhr, trägt den Titel „Die kalte Sonne. Warum die Klimakatastrophe nicht stattfindet.“ Autoren des Buches sind Fritz Vahrenholt und Sebastian Lüning. Die beiden Autoren stellen grundlegende Erkenntnisse der Klimaforschung in Frage. In erster Linie machen sie natürliche Ursachen wie die schwankende Strahlungsintensität der Sonne für die globale Erwärmung in den letzten Jahrzehnten verantwortlich. Mit diesem Argument ha-

ben wir uns ausführlich in Frage 6 sowie in *UBA 2012* auseinander gesetzt und auch im Internet sind treffende Stellungnahmen zu finden (z.B. *klimafakten.de, Hoffmann 2012*).

Auf welcher wissenschaftlichen Basis fußen diese Erkenntnisse von Vahrenholt und Lüning? Im Klappentext des Buches beschreiben die Autoren ihren Werdegang. Fritz Vahrenholt promovierte im Fach Chemie, arbeitete von 1991 bis 1997 als Umweltenator von Hamburg, war danach im Vorstand der Deutschen Shell AG und ist seit 2001 Manager des Energieversorgungskonzerns RWE. Sebastian Lüning promovierte in Geologie/Paläontologie und arbeitet als Afrika-Experte beim Öl- und Gasunternehmen RWE Dea (*Vahrenholt und Lüning 2012*). Demnach haben weder Vahrenholt noch Lüning in der Klimaforschung oder auf verwandten Gebieten der Physik der Atmosphäre gearbeitet und geforscht.

Weiter heißt es im Klappentext des Buches: „Vahrenholt und Lüning haben sich im Laufe ihrer Untersuchungen intensiv mit den verschiedenen Klimamodellen beschäftigt.“ Heutige Klimamodelle sind jedoch hochkomplex, bestehen aus mehreren Teilmodellen und werden als „Erdsystemmodelle“ bezeichnet. (Den grundlegenden physikalischen Inhalt von Klimamodellen und deren Fähigkeit, Klimänderungen der Vergangenheit sowie das Klima der Gegenwart abzubilden, haben wir in Teil A, Frage 13 erläutert.) Es arbeiten nicht ein oder zwei Wissenschaftler an einem dieser Erdsystemmodelle, sondern ganze Gruppen von Klimaforscherinnen und Klimaforschern. Zum Zweck des Vergleichs der Modelle verschiedener Forschergruppen und wissenschaftlicher Zentren gibt es umfangreiche, internationale Vergleichsprojekte für koordinierte Experimente mit Klima- und Erdsystemmodellen (*DKRZ*). Es ist deshalb für – zudem fachfremde – Einzelpersonen kaum möglich, sich neben einer andersgearteten hauptberuflichen Tätigkeit tiefgründig in „verschiedene Klimamodelle“ einzuarbeiten.

In den Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft entkräftet der international anerkannte Klimaforscher Prof. Dr. Christian-Dietrich Schönwiese die Thesen von Fritz Vahrenholt und Sebastian Lüning (*Schönwiese 2012*).

Auch in Zeitungen und Zeitschriften, Rundfunk und Fernsehen tauchen mitunter Beiträge auf, die nicht mit dem Kennt-

nisstand der Klimawissenschaft übereinstimmen. Bekannt für derartige Beiträge sind die Journalisten und Publizisten Dirk Maxeiner und Michael Miersch. Die Autoren verfassten gemeinsam Bücher und schrieben für verschiedene Zeitungen und Zeitschriften. Gegenwärtig veröffentlichen sie wöchentlich eine Kolumne in der Zeitung „Die Welt“. Beispielsweise lenkten Maxeiner und Miersch in ihrem Beitrag „Klimadebattenwandel“ vom 03.02.2012 die Aufmerksamkeit auf ein „Stagnieren der Welttemperatur seit über 10 Jahren“ (siehe dazu Teil A Frage 15) sowie auf die Sonne als Verursacher der Klimaerwärmung seit Mitte des letzten Jahrhunderts (siehe dazu Teil A Frage 6).⁹

Der Filmemacher und Publizist Günter Ederer trat mit „klimaskeptischen“ Inhalten in Film, Buch, Zeitungen und Zeitschriften auf. In „Welt Online“ vom 04.07.2011 zweifelt er in einem Beitrag unter der Überschrift „Die CO₂-Theorie ist nur geniale Propaganda“ generell die Ergebnisse der weltweiten Klimaforschung an. Er behauptet zudem, dass die daraus gezogenen politischen Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Energiepolitik falsch seien.¹⁰ Auf der 3. Jahreskonferenz des „Europäischen Instituts für Klima und Energie“ (EIKE) im Dezember 2010 hielt Ederer einen Vortrag.¹¹

Gehäuft erscheinen „klimaskeptische“ Beiträge im Vorfeld oder kurze Zeit nach UN-Klimatagungen. Einige Klimaforscher setzen sich zeitnah und sehr engagiert mit unhaltbaren Thesen und Falschinformationen auseinander. Im Abschnitt 7 haben wir eine Auswahl entsprechender Informationsquellen aufgelistet.

9

http://www.welt.de/print/die_welt/debatte/article13848715/Klimadebattenwandel.html

10

<http://www.welt.de/debatte/kommentare/article13466483/Die-CO2-Theorie-ist-nur-geniale-Propaganda.html>

11

<http://www.eike-klima-energie.eu/climategate-anzeige/lobbyismus-vom-feinsten-die-kra kenarme-der-lobby-fuer-eineuerbare-vortrag-des-fernsehjournalisten-g-ederer-auf-der-3-int-klima-und-energiekonferenz-in-berlin/>

6. Schlussbemerkungen

Das Umweltbundesamt hat in den vorangestellten Abschnitten gezeigt, dass

- *In der Klimawissenschaft ein Konsens über die anthropogene – durch den Menschen verursachte – Klimaerwärmung besteht;*
- *Die Argumente der „Klimawandelskeptiker“ nicht mit diesem Konsens übereinstimmen und wissenschaftlich nicht haltbar sind;*
- *Teile der Industrie in den USA Kampagnen zur Verbreitung von Zweifeln und Falschinformationen über die Ergebnisse der Klimawissenschaft finanzierten; Das Ziel dabei war, die Öffentlichkeit zu täuschen;*
- *Häufig Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fremder Disziplinen und ohne Fachwissen auf dem Gebiet der Klimaforschung mit „klimaskeptischen“ Thesen in der Öffentlichkeit auftreten.*

Vor fast 200 Jahren beschrieb Jean Baptiste Fourier, wie Spuren gase in der Atmosphäre das Klima erwärmen (*Rahmstorf und Schellnhuber 2007*). Damals wurden bereits die wissenschaftlichen Grundlagen für unser heutiges Wissen gelegt:

Die Menschheit verursacht durch die Emissionen von Treibhausgasen eine Erwärmung des Klimas. Wenn wir mit diesen Emissionen so fortfahren wie bisher, wird sich das Klima innerhalb kurzer Zeit sehr stark ändern und der Zivilisation nicht genug Zeit lassen, sich ausreichend an den Klimawandel anzupassen. Die Folgen der Klimaerwärmung werden noch über Jahrhunderte oder länger spürbar sein.

Mit diesem Wissen haben wir eine große Verantwortung, mit der wir auf bestimmte Weise umgehen können. Wir könnten zum Beispiel hoffen, dass es nicht so schlimm wird und die Klimawissenschaftler irgendetwas übersehen haben. Wir könnten auch die – seit vielen Jahren immer dringender werdenden – Warnungen aus der Klimawissenschaft ignorieren, „Klimawandelskeptikern“ und selbsternannten Klimaforschern Glaubenschenken und einfach so weitermachen wie bisher.

Der richtige Weg ist jedoch, dieser Verantwortung gerecht zu werden und im Rahmen unserer jeweiligen Möglichkeiten

dem Klimawandel zu begegnen. Die dazu notwendigen Schritte und Maßnahmen sind hinlänglich bekannt (siehe z.B. *UBA 2011, UBA 2012a*).

Packen wir die Herausforderung an, damit auch unsere Kinder und Enkelkinder ihr Dasein in einer lebenswerten Welt einrichten können.

7. Beispiele für Informationsquellen

Ein international anerkannter Klimaforscher, der häufig zu aktuellen Büchern, Zeitungsartikeln oder Fernsehsendungen mit „klimaskeptischen“ Inhalten Stellung nimmt, ist Prof. Dr. Stefan Rahmstorf. Der am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung tätige Wissenschaftler engagiert sich mit gut verständlichen Argumenten auf seiner Internetseite (<http://www.pik-potsdam.de/~stefan/>), in Zeitungen, Radio, Fernsehen und Vortragsveranstaltungen gegen Halbwahrheiten und Falschmeldungen.

Gemeinsam mit den Professoren Anders Levermann (PIK) und Martin Visbeck (Leibniz Institut für Meereswissenschaften in Kiel) kommentiert Prof. Rahmstorf im Internetblog Klimalounge (<http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge>) auf äußerst interessante und verständliche Weise Thesen von „Klimawandelskeptikern“, Medienberichte, aktuelle Ereignisse mit Bezug zum Klima und zur Klimawissenschaft sowie neue wissenschaftliche Erkenntnisse.

Eine Gruppe von 11 amerikanischen und europäischen Klimaforschern, darunter Stefan Rahmstorf und Michael Mann, gründeten den Internetblog RealClimate (<http://www.realclimate.org/>). Auch auf diesen Seiten werden aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen und in den Medien verbreitete Ansichten – in englischer Sprache – diskutiert.

Klimaforscher setzten sich auf der Internetseite Klimafakten (<http://www.klimafakten.de/behaauptungen>) detailliert mit vielen Argumenten der „Klimawandelskeptiker“ auseinander.

Das Online-Magazin Klimaretter.Info (<http://www.klimaretter.info/politik>) bietet laut eigener Internetseite Nachrichten und Hintergrundanalysen, Debatten und Reportagen, Kolumnen, Blogs und Kommentare zur Klima- und Energiewende. Klimaretter.Info hält viele Informationen rund um den Themenkreis Klimaerwärmung und Gegenmaßnahmen bereit.

Weitere Hinweise, Tipps und Denkanstöße zum Umgang mit „klimaskeptischen“ Aussagen und Thesen gibt Prof. Dr. Jörg Matschullat von der TU Bergakademie Freiberg (*Matschullat 2010*).

8. Quellen

- Anderegg, W.R.L., Prall, J.W., Harold, J., Schneider, S.H., 2010:** Expert credibility in climate change. PNAS Early Edition, 3 S.
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1003187107
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P. (Herausgeber), 2008:** Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 S.
www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf
- Beck, S., 2010:** Vertrauen geschmolzen? Zur Glaubwürdigkeit der Klimaforschung. Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ) 32–33, S. 15–21
- Bernhardt, K-H., 2012:** Klima im Wandel. LIFIS ONLINE [01.02.12].
http://www.leibniz-institut.de/archiv/bernhardt_01_02_12.pdf
- Blasberg, A., Kohlenberg, K., 2012:** Die Klimakrieger.
<http://www.zeit.de/2012/48/Klimawandel-Marc-Morano-Lobby-Klimaskeptiker>
- Brunnengräber, A., 2013:** Klimaskeptiker in Deutschland und ihr Kampf gegen die Energiewende. In: IPW Working Paper 1/2013. Wien: Institut für Politikwissenschaft der Universität Wien.
<http://politikwissenschaft.univie.ac.at/institut/ipw-working-papers>
- Clausen, M., 2003:** "Klimaänderungen: Mögliche Ursachen in Vergangenheit und Zukunft". UWSF 15 (1), S.21–30
- Cook, J., Wight, J., 2011:** Behauptung: „Klimaforscher übertreiben, lügen und betrügen ...“
<http://www.klimafakten.de/behaftungen/behaftung-gehackte-e-mails-von-klimaforschern-belegen-dass-sie-luegen-und-betreugen>
- DKRZ:** Rechnungen im Rahmen des internationalen Klimamodell-Vergleichsprojektes CMIP5 und für den fünften Klimasachstandsbericht der Vereinten Nationen (IPCC AR5).
<http://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar5>
- DMG 1999:** Stellungnahme der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu den Grundlagen des Treibhauseffektes.
<http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/stellungnahmen/stellungnahmen.htm>
- ESA 2012:** Im Visier: Die rastlose Gashülle der Venus.
http://www.esa.int/esaCP/SEMPYV3j2FE_Germany_0.html
- Germanwatch 2008:** „Klimaskeptiker“ und ihre Argumente. Hintergrundpapier, 12 S.
<http://germanwatch.org/de/2629>
- Gray, L. J., Beer, J., Geller, M., Haigh, J. D., Lockwood, M., Matthes, K., Cubasch, U., Fleitmann, D., Harrison, G., Hood, L., Luterbacher, J., Mehl, G. A., Shindell, D., van Geel, B., White, W., 2010:** Solar influences on climate. Reviews of Geophysics, 48, RG4001, S. 1–53.
- Greenpeace 2010:** Dealing in Doubt: The Climate Denial Industry and Climate Science. A brief history of attacks on climate science, climate scientists and the IPCC.
<http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/dealing-in-doubt/>
- Grieser, J., Staeger, T., Schönwiese, C., 2000:** Statistische Analysen zur Früherkennung globaler und regionaler Klimaänderungen aufgrund des anthropogenen Treibhauseffektes. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt 297 41 132, Umweltbundesamt, 228 S.
- Hards, V., 2005:** Volcanic contributions to the global carbon cycle. British Geological Survey. Sustainable and Renewable Energy, Occasional Publication No. 10, 20 S.
- Hoffmann, G., 2009:** Sie ist gesättigt, sie ist es nicht, sie ist gesättigt, ... Anmerkungen zum Strahlungstransport.
<http://www.scienceblogs.de/primaklima/2009/03/sie-ist-gesattigt-sie-ist-es-nicht-sie-ist-gesattigt-anmerkungen-zum-strahlungstransport.php>
- Hoffmann, G., 2012:** Die kalte Sonne von Vahrenholz/Lüning: Wo ein Trend ist, das bestimmen wir!
<http://www.scienceblogs.de/primaklima/2012/03/die-kalte-sonne-von-vahrenholz-tuning-wo-ein-trend-ist-das-bestimmen-wir.php>

- IPCC 2007:** The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC 2012:** Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1–19.
- Jacques, P. J., Dunlap, R., E., Freeman, M., 2008:** The organization of denial: Conservative think tanks and environmental skepticism. *Environmental Politics*, 17:3, S. 349–385.
- Klimafakten.de:** Analyse: Wie redlich ist Vahrenholts Buch „Die kalte Sonne“? Eine Buchpassage zum Anstieg der Meeresspiegel im Fakten-Check. <http://www.klimafakten.de/klimawissenschaft/analyse-wie-redlich-ist-vahrenholts-buch-die-kalte-sonne>
- Klimaretter.info 2012:** Rechtshilfefond für US-Klimaforscher. <http://www.klimaretter.info/forschung/nachricht/10447-rechtshilfefonds-fuer-us-klimaforscher>
- Klimaretter.info 2012a:** Politik getarnt als Wissenschaftskritik. <http://www.klimaretter.info/forschung/hintergrund/10019-eike-cfact-klimaskeptiker-konferenz-2011>
- Klimaretter.info 2012b:** Die Finanzierung der Zweifel am Klimawandel. <http://www.klimaretter.info/forschung/hintergrund/10591-bayer-und-der-zweifel-am-klimawandel>
- Klimaretter.info 2012c:** Wie US-Firmen die Klimapolitik unterlaufen. <http://www.klimaretter.info/kolumnen/kolonne-dr-h-e-ott2/10632-wie-us-firmen-die-klimapolitik-unterlaufen>
- Klimaretter.info 2012d:** Abspaltung beim Heartland-Institut. <http://www.klimaretter.info/forschung/nachricht/11152-aufloesungserscheinungen-beim-heartland-institut>
- Langematz, U., 2007:** Meteorologie der mittleren Atmosphäre. Vorlesung 4. Strahlung II. www.geo.fu-berlin.de/met/ag/strat/lehre/wise0708/Vorlesung4.pdf
- Matschullat, J., 2010:** Klimawandel – Klimaschwindel? <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/21519.htm>
- MPI 2011:** El Niño / La Niña. <http://www.mpimet.mpg.de/aktuelles/presse/faq-haeufig-gestellte-fragen/das-el-nino-southern-oscillation-enso-phaenomen.html>
- NASA 2012:** Earth's Energy Budget Remained Out of Balance Despite Unusually Low Solar Activity. <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20120130b/>
- NOAA 2011:** State of the Climate, Global Analysis, Annual 2010. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2010/13>
- NOAA 2013:** State of the Climate, Global Analysis, Annual 2012. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2012/13>
- Oreskes, N., 2004:** The Scientific Consensus on Climate Change. *Science*, Vol. 306, S. 1686
- Plehwe, D., 2011:** Klimawandel/Lobby: Interessen und Ideen in der EU. Vortrag auf dem Fachgespräch: „Strategien der sogenannten Klimaskeptiker“ der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen <http://www.gruene-bundestag.de/themen/klimaschutz/strategien-der-sogenannten-klimaskeptiker.html>
- Rahmstorf, S., 2009:** Die sogenannten „Klimaskeptiker“. <http://www.pik-potsdam.de/~stefan/klimaskeptiker.html>
- Rahmstorf, S., Mann, M., Bradley, R., Connelly, W., Archer, D., Ammann, C., 2010:** Fehler im IPCC-Bericht? <http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge/medien-check/2010-02-20/fehler-im-ipcc-bericht>
- Rahmstorf, S., 2010:** Climategate: ein Jahr danach. <http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge/medien-check/2010-12-01/climategate-ein-jahr-danach>

- Rahmstorf, S., 2010a:** Klimaforscher-Bashing beim Spiegel.
<http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge-medien-check/2010-04-01/klimaforscher-bashing-beim-spiegel>
- Rahmstorf, S., 2011:** 2010 wärmstes und nassestes Jahr weltweit seit Beginn der Aufzeichnungen.
<http://www.wissenslogs.de/wblogs/blog/klimalounge/klimadaten/2011-01-13/2010-waermstes-und-nassestes-jahr-weltweit-seit-beginn-der-aufzeichnungen>
- Rahmstorf, S., 2011a:** Globale Temperatur 2010.
<http://www.wissenslogs.de/wblogs/blog/klimalounge/klimadaten/2010-12-19/globale-temperatur-2010>
- Rahmstorf, S., 2012:** Oeschger, Mann!
<http://www.scilogs.de/wblogs/blog/klimalounge/allgemein/2012-04-26/oeschger-mann>
- Rahmstorf, S., Scheinhuber, H. J., 2007:** „Der Klimawandel.“ Verlag C. H. Beck oHG, München, 144 S.
- Reuter, B., Staudt, T., 2010:** Die Gehilfen des Zweifels.
<http://www.zeit.de/2010/48/U-Klimaskeptiker>
- Schönwiese, C.-D., 2006:** Die Klimadebatte. Zwischen Katastrophe und Verharmlosung.
<http://www.geo.uni-frankfurt.de/iau/klima/Klideb.html>
- Schönwiese, C.-D., 2012:** Stellungnahme zu den Thesen von F. Vahrenholz und S. Lüning im Buch „Die kalte Sonne“. Mitteilungen DMG 02/12, S. 22–23
<http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/dmg-mitteilungen.htm>
- Sobolev; V.S., Sobolev, A.V., Kuzmin, D.V., Krivolutskaya, N.A., Petrunin, A.G., Arndt, N.T., Radko, V.A., Vasiliiev, Y.R., 2011:** Linking mantle plumes, large igneous provinces and environmental catastrophes. Nature 477, doi:10.1038/nature10385, S. 312–316
- Soon, W., Baliunas, S., 2003:** Proxy climatic and environmental changes of the past 1000 years. Climate Research 23, S. 89–110
- Stott, P. A., Mitchell, J. F. B., Allen, M. R., Delworth, T. L., Gregory, J. M., Meehl, G. A., Santer, B. D., 2006:** Observational constraints on past attributable warming and predictions of future global warming. J. Climate, 19, S. 3055–3069. doi:
<http://dx.doi.org/10.1175/JCLI3802.1>
- UBA 2011:** Statusbericht zur Umsetzung des integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms der Bundesregierung.
<http://www.uba.de/uba-info-medien/3971.html>
- UBA 2011a:** Überprüfung der Prozesse und Verfahren des IPCC durch den InterAcademy Council (IAC).
<http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/klimaaenderungen/ipcc/prozesse.htm>
- UBA 2012:** Sonne, Treibhausgase, Aerosole, Vulkanausbrüche – gibt es einen Favoriten bei Klimaänderungen?
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4247.html>
- UBA 2012a:** Energiesparen.
<http://www.umweltbundesamt.de/energie/sparen.htm>
- UCS 2007:** Smoke, Mirrors & Hot Air. How ExxonMobil Uses Big Tobacco's Tactics to Manufacture Uncertainty on Climate Science. 63 S.
http://www.ucsusa.org/global_warming/science_and_impacts/global_warming_contarians/
- Vahrenholz, F., Lüning, S., 2012:** Die kalte Sonne. Warum die Klimakatastrophe nicht stattfindet. Hoffmann und Campe Verlag Hamburg, 445 S.
- WGMS 2011:** Glacier Mass Balance Bulletin No. 11 (2008–2009). Zemp, M., Nussbaumer, S.U., Gärtnner-Roer, I., Hoelzle, M., Paul, F. and Haeberli, W. (eds.), ICSU (WDS) / IUGG (IACS) / UNEP / UNESCO / WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland: 102 S.
- WMO 2012:** Press Release No. 943.
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_943_en.html

IMPRESSUM

1. Auflage 2013

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Postfach 1406, 06813 Dessau-Roßlau
Internet: www.umweltbundesamt.de
E-Mail: info@umweltbundesamt.de



facebook.com/umweltbundesamt.de

Autoren:

Dr. Harry Lehmann
Dr. Klaus Müschen
Dr. Steffi Richter
Dr. Claudia Mäder

Redaktion:

Fachgebiet I 2.1 - Klimaschutz

Redaktionsschluss:

April 2013

Gestaltung:

Studio GOOD, Berlin

Auflage:

20.000 Exemplare

Broschüren bestellen:

Umweltbundesamt
c/o GVP
Postfach 30 03 61 | 53183 Bonn
Service-Telefon: 0340 2103-6688
Service-Fax: 0340 2104-6688
E-Mail: uba@broschuerenversand.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Im Internet über www.uba.de/uba-info-medien/4419.html als PDF-Dokument einsehbar und herunterzuladen.

Bildquellen:

S. 19, 24, 30, 36, 44, 50, 62, 76, 85, 90:
Shutterstock.com