

## „Die Klimamodelle versagen“

Heinz Hug bezweifelt die Bedeutung von CO<sub>2</sub> für den Klimawandel.

◆ „Nach unseren Berechnungen müsste es in den kommenden Jahren sprunghaft wärmer werden. Aber wir trauen dieser Prognose nicht über den Weg. Denn die Simulationen hätten auch den gegenwärtigen Stillstand beim Temperaturanstieg vorhersagen müssen – was nicht gelang“. So der Klimaforscher Jochen Marotzke vom MPI-M in Hamburg im *Spiegel* 9/2012. Die Gründe, weshalb Klimamodelle versagen, liegen auf der Hand.

Hervorzuheben ist, dass es beim atmosphärischen Treibhauseffekt nicht um die Absorption durch IR-aktive Spurengase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O u. a.) geht, sondern um deren Emission, die als „Rückstrahlung“ die Erdoberfläche erwärmt.<sup>1)</sup> Tatsächlich präsentieren Satellitenspektren um 667 cm<sup>-1</sup> einen beeindruckenden „Trichter innerhalb der terrestrischen Planck-Kurve“, der auf Behinderung der Wärmeabstrahlung des Erdkörpers durch die ν<sub>2</sub>-Bande des CO<sub>2</sub> beruht.<sup>2)</sup>

Weil für die Rotationsquantenzahl  $J = 0, 1, 2, 3 \dots \infty$  gilt, gibt es aus quantenmechanischen Gründen – auf dem Papier gerechnet – keine „Sättigung“ des CO<sub>2</sub>-Treibhauseffekts. Betrachtet man aber das Zentrum der CO<sub>2</sub>-Bande, beträgt die Transmission innerhalb der Troposphäre lediglich  $\tau = 10^{-210}$ . Das IPCC schreibt hierzu:<sup>3)</sup> „At the centre of the 15 μm band, the increase

in CO<sub>2</sub> concentration has almost no effect“ und ergänzt, dass aber an den Rändern immer ungesättigte Bereiche vorhanden sind, die zur Steigerung des Treibhauseffekts führen. Dem widerspreche ich nicht. Nur sind die Rotations-Schwingungsbanden beispielsweise ab  $J > 20$  ( $\tau_{\text{Troposphäre}} \leq 10^{-3}$ ) sehr schwach besetzt. Der Nobelpreisträger Paul J. Crutzen bringt dies auf den Punkt: „Es gibt bereits so viel CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre, dass in vielen Spektralbereichen die Aufnahme durch CO<sub>2</sub> schon fast vollständig ist, und zusätzliches CO<sub>2</sub> spielt keine Rolle mehr“.<sup>4)</sup>

Um welchen Betrag geht es? Berücksichtigt man die Albedo und die Erdgeometrie, beträgt die globale Durchschnittstemperatur ohne IR-aktive Spurengase  $T_E = 255$  K. Nach einer – gewillkürten – Konvention aus dem Jahr 1957 gilt der Zeitraum von 1901 bis 1930 als Klimanormalperiode mit  $T_E = 288$  K.<sup>5)</sup> Die Differenz von 288 K bis 255 K, also 33 K, schreibt man den Treibhausgasen zu. Die Emission der Erdoberfläche beträgt bei dieser Temperatur  $390,0 \text{ W m}^{-2}$ .<sup>6)</sup> Bei 100 Prozent (!) mehr CO<sub>2</sub> erhöht sich der Treibhauseffekt<sup>6)</sup> um 1,2 Prozent, nämlich um  $3,7 \text{ W m}^{-2}$ . Gemäß dem Energieerhaltungssatz steigt  $M_E$  auf  $393,7 \text{ W m}^{-2}$ . Setzt man letzteren Wert in die Stefan-Boltzmann-Gleichung ein, resultiert als mittlere Oberflächentemperatur:

$$T_E = \sqrt[4]{\frac{M_E}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{393,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}{5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}}} = 288,7 \text{ K}$$

Dies entspricht einer Temperaturerhöhung um 0,7 K. Wieso werden aber weit höhere Werte genannt? Computermodelle mit beliebig variierbaren Parametern ge-

hen davon aus, dass durch diese geringfügige Temperaturerhöhung mehr vom Treibhausgas Wasserdampf gebildet wird (Wasserdampfrückkopplung gemäß der Clausius-Clapeyronschen-Gleichung). Diese wichtigste Grundlage aller Modellierung lässt sich falsifizieren. Nach einer Veröffentlichung von Hermann Flohn schwankte die Verdunstungsmenge über dem Atlantik zwischen 1950 und 1973 um 25 Prozent um einen Mittelwert wild hin und her, während gleichzeitig das atmosphärische CO<sub>2</sub> kontinuierlich um 10 Prozent steigt.<sup>5)</sup>

Ganz evident gibt es keine Korrelation zwischen atmosphärischem CO<sub>2</sub>-Gehalt und Wasserverdunstung. Letztere richtet sich nicht nach dem CO<sub>2</sub>, sondern nach der Wassertemperatur. Diese aber hängt in erster Linie von der Abschirmung durch Wolken ab, die ihrerseits von der einfallenden kosmischen Strahlung abhängt, die im Rhythmus des solaren Magnetfelds schwankt.<sup>7)</sup> Dies erklärt auch, weshalb es ohne Zutun IR-aktiver Spurengase ein römisches und ein mittelalterliches Klimaoptimum gab.<sup>8)</sup>

- 1) [www.eike-klima-energie.eu/news-cache/der-anthropogene-treibhauseffekt-eine-spektroskopische-geringfuegigkeit/](http://www.eike-klima-energie.eu/news-cache/der-anthropogene-treibhauseffekt-eine-spektroskopische-geringfuegigkeit/)
- 2) R.A. Hanel et al., *J. Geophys. Res.* 1972, 77, 2629.
- 3) IPCC, *Climate Change* 1994, S. 167.
- 4) T. E. Graedel, P. J. Crutzen, *Chemie der Atmosphäre, Spektrum Akademischer Verlag* 1994, S. 414.
- 5) H. Flohn, *B. d. Wissenschaft* 1978, 12, 132.
- 6) J. T. Kiehl, K. E. Trenberth, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 1997, 78, 197.
- 7) N. J. Shaviv, J. Veizer, *GSA Today* 2003, 13, 4.
- 8) C. Schönwiese, *Klimaänderungen, Springer*, 1995, S. 79

Heinz Hug, Jahrgang 1944, studierte nach einer Chemielaborantenlehre Chemie in Mainz und promovierte 1975. Danach unterrichtete er an der Paul-Ehrlich-Schule in Frankfurt. Er ist Autor von Lehrbüchern für physikalische Chemie und instrumentelle Analytik sowie von kritischen Sachbüchern (u. a. „Die Angsttrompete“, 2006).



# „Nein, tun sie nicht“

Für Ehrhard Raschke ist sicher, dass numerische Simulationen helfen, Klimafragen zu klären.

◆ Unsere Atmosphäre enthält einige Gase, die den Energietransport durch Strahlung, auch zwischen ihr und dem Erdboden, kräftig beeinflussen. Diese sind in der Reihenfolge ihrer Wirksamkeit Wasserdampf, Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O), Ozon (O<sub>3</sub>) und Chlorfluorkohlenwasserstoffe (CFCs). Bis auf den Wasserdampf sind sie teilweise oder ganz anthropogen. Der Wasserdampf entsteht weitgehend durch Verdunstung. Seine maximal mögliche Konzentration wird über die Temperatur der Umgebungsluft geregelt.

Die Strahlungswirkung dieser Gase ergibt im Wechsel mit der gesamten Dynamik der Atmosphäre und den Austauschprozessen am Boden und in den Ozeanen das bekannte mittlere vertikale Temperaturprofil mit einer Abnahme der Temperatur vom Erdboden (etwa + 15 °C) bis zur oberen Begrenzung der Troposphäre in 8 bis etwa 17 km Höhe um etwa 6,5 K pro Höhenkilometer. Mit zunehmender Höhe nimmt die Temperatur bis zu etwa 0 °C in 50 km Höhe zu, um darüber rasch abzufallen auf Werte um –80 bis –90 °C in etwa 85 km Höhe. Für diese Wirkung in Bodennähe hat sich der Begriff „Treibhauseffekt“ eingebürgert. Zusätzlich bewirken die Krümmung der Erde sowie Unterschiede im Reflexionsvermögen der Kontinente große regionale Unterschiede, die zu Ausgleichsströmungen anregen. Deswegen fasst man die Wirkungen der Treibhausgase als „Antriebe“ des Klimas auf.

Es liegt nun nahe, eine Änderung des Klimas auch einer Änderung der Konzentration dieser

Treibhausgase zuzurechnen. Befunde über historische Abläufe des Klimas auf der Erde haben bestätigt, dass bei einer Temperaturzunahme auch eine Zunahme der Konzentrationen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O zu beobachten war. Die zeitliche Auflösung der aus „Proxydaten“ abzuleitenden Werte reicht selten aus, um eine Ursachen-Wirkungskette eindeutig festzulegen. Die Eis- und Warmzeiten während der vergangenen 400 000 Jahre sind eindeutig Änderungen der solaren Einstrahlung durch Änderungen der Bahnparameter unserer Erde (Milanković-Zyklen) zuzuordnen. Die Dichte der seit zirka 2000 Jahren bekannten Sonnenflecken beeinflusst die Einstrahlung und kann mit als Ursache wärmerer und kälterer Kurzperioden in den vergangenen beiden Jahrtausenden herangezogen werden.

Seit Beginn des Industriezeitalters im 19. Jahrhundert haben CO<sub>2</sub> und die anderen Treibhausgase gegenüber den Werten vor etwa 150 Jahren um zirka 75 Prozent und mehr zugenommen. Die mittlere Lufttemperatur in Bodennähe ist im gleichen Zeitraum um etwa 1,5 K angestiegen, allerdings mit einer Verzögerung von mindestens 50 bis 60 Jahren. Andere „äußere“ Antriebe böten Änderungen in der Umlaufbahn unserer Erde, die aber nach genauen Rechnungen weitgehend ausgeschlossen werden. Die gegenwärtige Klimaforschung hat sich nun die Aufgabe gestellt, die Ursachen der beobachteten Erwärmung zu erklären. Numerische Simulationen erlauben viele der oben geschilderten Zusammenhänge zu erklären. Die Forschung hat für diese Zwecke Modelle entwickelt,

die nicht das Wetter, aber dessen statistische Eigenschaften mit einer zeitlichen Auflösung von etwa einem Monat und länger berechnen. Die räumliche Auflösung beträgt bereits etwa 5 bis 10 km in der Horizontalen und weniger als 1 km in der Vertikalen. In jedem der vielen Millionen Gitterelemente in der Atmosphäre, an deren Unterrand noch die Kontinente und Ozeane angekoppelt sind, werden darin ablaufende Prozesse weitgehend simuliert. Und trotzdem müssen viele der bekannten Prozesse, etwa die Bildung von Wolken und Niederschlag, mit geprüften Prozessmodellen nachvollzogen werden.

Die Modellergebnisse werden zunächst an Klimadaten der letzten 50 bis 70 Jahre getestet, wofür Messdaten aus allen Regionen der Erde zur Verfügung stehen. Vergleiche mit der gemessenen Wirklichkeit sind ermutigend. Je nach Zunahme der Treibhausgase kann die mittlere Temperatur der Luft in Bodennähe bis zum Jahr 2100 um bis zu 3 bis 7 K ansteigen mit Konsequenzen für die Wetterabläufe und auch den Wasserhaushalt. Die Politik muss solche Szenarien mit denen der Zunahme der Bevölkerung zu einem Gesamtbild vereinen, um daraus Maßnahmekataloge zur Sicherung der Bewohnbarkeit unseres Planeten abzuleiten.

Ehrhard Raschke, Jahrgang 1936, war Professor für Meteorologie an den Universitäten Köln und Hamburg und arbeitet seit seiner Emeritierung im Jahr 2001 am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg an der Überprüfung von Klimadaten.



Die Rubrik „Pro und Contra“ wird von der GDCh-Sektion Seniorexperten Chemie betreut. Jörn Müller koordiniert die Beiträge.