

## Klimawandel kontrovers diskutiert

Zum Aufsatz »Klimawandel – Tatsache oder Fiktion« (ew 1-2/2005, S. 26 ff.)

Der Aufsatz »Klimawandel – Tatsache oder Fiktion« von Prof. Dr. Christian-D. Schönwiese hat einige Resonanz vor allem von »Klimaskeptikern« unter den Lesern der ew gefunden. Auf den folgenden Seiten stellt die Redaktion die zum Teil in Aufsatzform eingegangenen Beiträge zur Diskussion.

Klimatologen, die den Klimawandel als gegeben ansehen, bieten auf einer speziellen Internet-Seite des Umweltbundesamtes einen Fragen- und Antwortenkatalog für Klimaskeptiker an: [www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/kargument.htm](http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/kargument.htm).

Hinzu kommen u. a. Verlautbarungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft: [www.dmg-ev.de/gesellschaft/aktivitaeten/pdf/klimastatement\\_2003.pdf](http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/aktivitaeten/pdf/klimastatement_2003.pdf)

## Geld verdienen auf der Basis zutiefst unmoralischer Gesetze

Wenn man sich fragt, warum Professor Dr. Schönwiese seine Zeitreihen zur Klimaentwicklung unverständlicherweise Mitte des 19. Jahrhunderts und nicht z. B. 1 000 Jahre früher (zur Zeit des mittelalterlichen Klimahochs) beginnen lässt, findet man die Antwort zu Beginn des Artikels klitzeklein ganz unten links: »Kurzfassung eines Vortrags vom 12. Juli 2004 bei der NaturPur Energie AG, Darmstadt.« Die NaturPur Energie AG befasst sich (u. a.) mit Photovoltaik-Anlagen.

### Beispiele

Artikel aus dem Kölner Stadtanzeiger Mitte 2004: Photovoltaik-Anlage auf einem Einfamilienhaus im Kölner Umland:

Die 2 300 kWh, die lt. Zeitungsartikel je Jahr produziert werden und die vom Elektrizitätswerk abgenommen werden müssen, haben einen Wert von nur 75 € (Strom kostet im Großhandel gut 3 Ct je kWh). Für diese mikroskopische Stromproduktion muss unsere Volkswirtschaft (das Elektrizitätswerk) je Jahr 1 250 € zahlen. Für diesen Strom im Wert von 75 € wurden Rohstoffe und Arbeitsleistung im Wert von 16 000 € aufgewandt (verschwendet). Zur Verdeutlichung: Eine zur Zeit der französischen Revolution (1789) installierte Photovoltaik-Anlage hätte heute endlich ihren Anschaffungspreis erwirtschaftet (die hoffentlich über 100 Jahre alt gewordenen Hausbesitzer liegen schon über 100 Jahre im Grab). Und diese Rechnung ist noch geschönt, weil Wartungs- und Reparaturkosten von mehr als 75 € je Jahr (also mehr als

der Strom wert ist) außen vor gelassen wurden.

Artikel vom 19. Januar 2005: Auf dem Dach der Europaschule in Köln, soll eine 20-kW-Photovoltaik-Anlage installiert werden, 200 m<sup>2</sup> groß. Die Stromproduktion werde 15 000 kWh je Jahr betragen. Investitionssumme 1,23 Mio. € – die 15 000 kWh haben einen Wert von knapp 500 €. Es dauert also 2 500 Jahre, bis der Anschaffungswert erwirtschaftet ist.

Nach mittelalterlichem Hexenwahn läuft Deutschland (nicht zum ersten Mal) wieder völlig aus dem Ruder. Offensichtlich geht es um gigantische Geldverschwendung. Was immer an Verteidigungsargumenten für derartige Photovoltaik-Anlagen hervorgebracht wird, ist nichts als Demagogie: Das »böse CO<sub>2</sub>« müsse doch bekämpft werden, »die anderen Brennstoffe sind doch nur begrenzt vorhanden«, »aber in 20 Jahren ist die Photovoltaik doch ganz sicherlich konkurrenzfähig« und der »Klassiker«: »Ja wollen Sie denn Atomenergie?« Für Photovoltaik im (sonnenarmen) Deutschland aufgewandtes Geld bringt eingesetzt z. B. für die Modernisierung von Kohlekraftwerken in China, Osteuropa oder der Türkei oder bei der Löschung von Kohleschmelbränden in Indien, China oder Indonesien sicherlich mehr als die 50-fache globale CO<sub>2</sub>-Senkung, und die Umweltbedingungen für die Menschen dort würden verbessert. (In Deutschland wird das Lebensumfeld der Menschen durch Klima-sinnlose Windräder ruiniert. Im Übrigen wird die über Jahrhunderte gewachsene kleingliedrige, deutsche Kultur-

landschaft, die über die vier Jahreszeiten gesehen zu den schönsten dieser Erde zählt, zerstört.) Eine vernünftig informierte Bevölkerung würde niemals Photovoltaik-Anlagen (bereits auf über 100 000 Dächern) oder Windräder dulden. Das aktuell größte Problem Deutschlands ist (nicht nur in Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Klima-erneuerbare-Energien-Geschichte) ein Konstruktionsfehler unseres Staates: Das Volk als eigentlicher Träger der Staatsgewalt in unserer Demokratie kann seinen Willen in Mehrheitsentscheidungen nur dann sinnvoll geltend machen, wenn es vernünftige Informationen hat. An entsprechenden Informationen mangelt es jedoch häufig. Die Medien (Fernsehen, Rundfunk, Zeitungen), die wichtigsten Informationslieferanten in unserem Land, sind des Öfteren nicht in der Lage, die Bevölkerung vernünftig zu informieren.

Also der Herr Professor Dr. Schönwiese hat seine Zeitreihe so gewählt, dass sich – wie bei einem Gefälligkeitsgutachten üblich – die vom Menschen hervorgerufene CO<sub>2</sub>-Klimawärmung »wissenschaftlich einwandfrei« darstellen ließ. Es ging darum, Volksverdummungs-Munition zu liefern für eine Firma, die Geld verdient auf der Basis zutiefst unmoralischer Gesetze. Solange es »Klima-Wissenschaftlern« vollkommen gleichgültig ist, ob man sich ernsthaft um eine CO<sub>2</sub>-Senkung bemüht, brauchen wir uns keinerlei Klima-Sorgen zu machen.

Detlef Rostock, Erfstadt

(34217)

## Klimawandel – wer ist schuld? ... CO<sub>2</sub>?

Die Darstellung von Herrn Prof. Dr. Schönwiese in unserem Fachorgan kann nicht unwidersprochen bleiben. Bereits im zweiten Eingangsstatement beantwortet Herr Prof. Dr. Schönwiese die im Titel

selbst gestellte Frage abschließend: »Die Menschheit ist mehr und mehr dazu übergegangen, das Klima auch selbst zu beeinflussen ...« Genau dies sollte ja Resultat seiner Analyse sein und nicht

vorangestelltes Postulat als Zirkelschluss. Zum Beweis seiner Hypothese bietet er zwei Temperaturverlaufsdiagramme für den Zeitbereich von 1860 bis 2000 an, die seine Diagnose im Sinne unserer

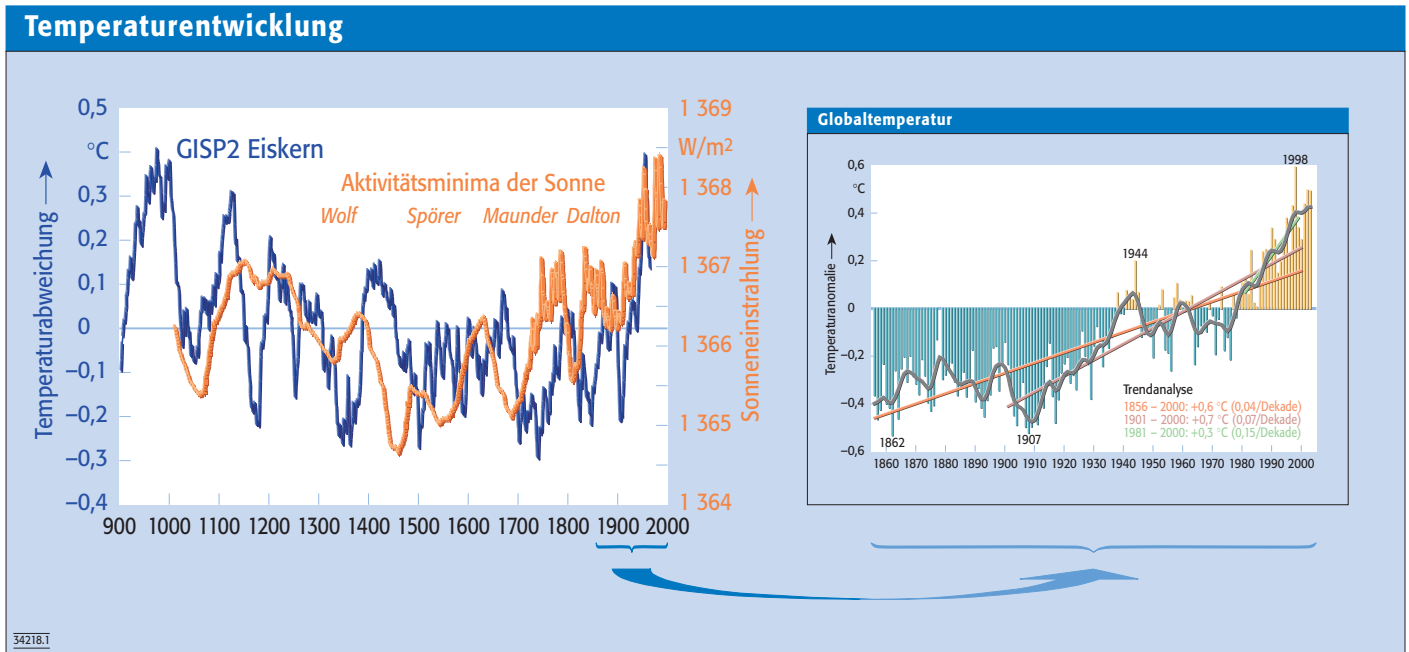


Bild 1. Temperaturentwicklung von 900 n. Chr. bis heute in unterschiedlichen Zeitintervallen

derzeitigen politischen »Correctness« mit den aufgeführten Konsequenzen dem ersten Anschein nach schlüssig rechtfertigen. »Der wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung »Globale Umweltveränderungen« (WBGU, 2003) hält nur noch eine globale Erwärmung um 1,4 °C für tolerierbar und fordert folglich bis 2050 eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emission global um 45 bis 65 % gegenüber 1990.« In diesem Sinne kann der Ausschuss auch verkünden, dass er den schrecklichen Tsunami in Südasiens für nicht tolerierbar hält. Die von unserem verehrten Herrn Bundespräsidenten

Horst Köhler angemahnte Demut vor den Naturgewalten beinhaltet auch, die relativ geringe Eingriffsmöglichkeit der Menschen zu ertragen nach der Devise: Herr gib mir die Kraft, zu ändern, was zu ändern ist, zu ertragen, was nicht zu ändern ist, – und – Klugheit, um beides zu unterscheiden.

Ein ganz anderes Bild würde sich ergeben, wenn die Zeitskala auf ein erdschichtlich angemessenes Zeitintervall bis hin zu unserer Gegenwart ausgedehnt wird. Hier sei z. B. die Darstellung von Herrn Dr. Berner vom BGR in Hannover für den Zeitbereich von 900

bis heute in Erinnerung gerufen: Die von Herrn Prof. Schönwiese in dem Globaltemperatur-Diagramm des IPCC aus dem Jahr 2001 in **ew** 1-2/2005, S. 27, hier *Bild 1*, ergänzte Trendanalyse hat die gleiche Aussagekraft wie eben solche der Analysten an der Wertpapierbörse in Frankfurt. Wenn man Glück hat, treffen sie zu, falls nicht, hatte man Pech, daher stehen Stier und Bär gleichgewichtig vor der Börse. Bei falscher Diagnose kann die daraus abgeleitete Therapie nicht zielführend sein, insbesondere wenn sie an anderen Stellen erhebliche volkswirtschaftliche

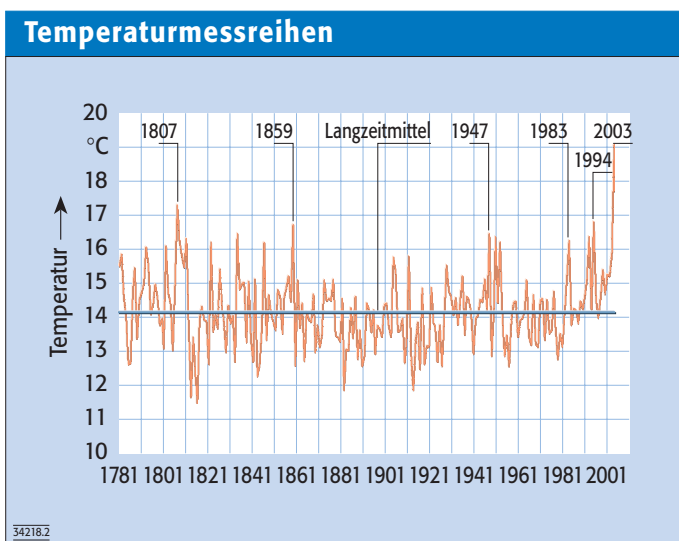


Bild 2. Temperaturmittel im Sommer (Juni bis August) am Hohenpeißenberg seit 1781

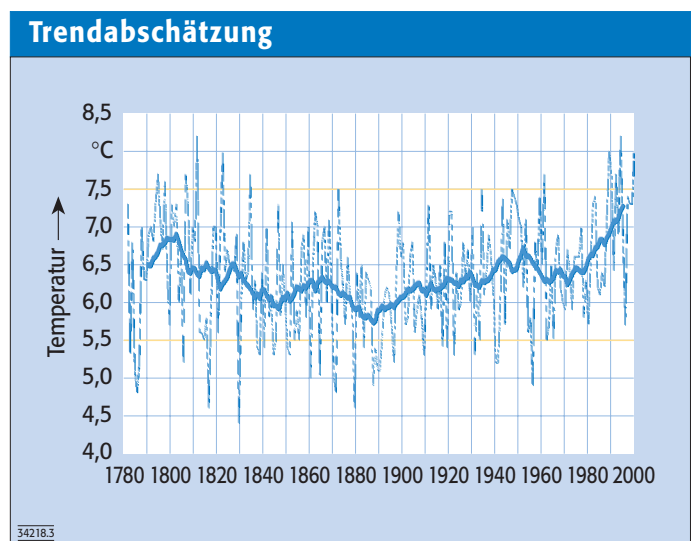


Bild 3. Trendabschätzung der Temperaturmessreihen vom Hohenpeißenberg

Schäden verursacht. Dies ist bei der nahezu ausschließlichen Schuldzuweisung zu Lasten der CO<sub>2</sub>-Emissionen leider in hohem Maße der Fall. Daher ist zumindest eine daraus resultierende, ideologiefreie Gesetzgebung mit wirtschaftlichem Augenmaß und ausgewogener Verantwortlichkeit bezüglich aller Energieerzeugungsoptionen geboten.

Weiter sei auf die Temperatur-Messergebnisse des meteorologischen Observatoriums Hohenpeißenberg hingewiesen (*Bild 2 und 3*), aus denen sich im Zeitintervall von 1780 bis heute – wenn überhaupt – auf eine mittlere Temperaturerhöhung von 0,2 °C in 100 Jahren schließen lässt, wobei die jährlichen Anomalien von wesentlich höherer Bedeutung sind: Beachtenswert in diesem Zusammenhang ist auch der jüngst erschienene Beitrag von Herrn Prof. Dr. *Horst-Joachim Lüdecke* (Dipl.-Physiker), HTW Saarbrücken »Klimawandel und CO<sub>2</sub>«. Er kommt als unvoreingenommener Beobachter nach dem Studium der in erheblichem Umfang verfügbaren Daten und Veröffentlichungen zu dem Thema zu folgendem Fazit:

- Ob anthropogenes CO<sub>2</sub> für die heute beobachtete, im erdhistorischen Kontext nicht einmal außergewöhnliche, globale Erwärmung hauptverantwortlich ist oder nicht, kann zurzeit weder positiv noch negativ entschieden werden.

- Ob Klimawandel in Richtung Erwärmung für die Menschheit günstig oder ungünstig ist, kann ebenfalls zurzeit nicht entschieden werden. Da die prognostizierten, schädlichen Phänomene, wie starke Anstiege von Meeresspiegeln, bislang ausbleiben, ist hier indes eher ein »günstiger« zu vermuten.

- Das Kyoto-Protokoll in seiner heutigen Form (5 % Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen) ist faktisch nutzlos. Dramatisch höhere CO<sub>2</sub>-Reduktionen – 50 % und mehr werden vorgeschlagen – wirken nur dann, falls antropogenes CO<sub>2</sub> tatsächlich maßgebend an der globalen Erwärmung mitwirkt.

- Die Sonneneinstrahlung wird sich fast mit Gewissheit (rd. 99 % Wahrscheinlichkeit) in wenigen Jahren oder Jahrzehnten abschwächen. Sollte diese Abschwächung so stark ausfallen, dass als Folge eine neue »kleine Eiszeit« ähnlich der des 17. Jahrhunderts entstünde (die Stärke der Abschwächung kann niemand vorhersagen und sollte die IPCC-Hypothese vom Einfluss des anthropogenen CO<sub>2</sub> zutreffen, träte der paradoxe Fall ein, dass u. U. sogar höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen als heute nötig wären, um die Erde vor den schädlichen Auswirkungen einer solchen Zwischen-eiszeit zu schützen.

Das IPCC betreibt Politik und ist nachweislich gegenüber abweichender

Auffassungen meinungsresistent. Die Wissenschaft aber hat die Erkenntnisse nach bestem Wissen und Gewissen darzulegen, auch frei von eigenen institutionellen Bestandsüberlegungen hinsichtlich willkommener und auch notwendiger Forschungsmittel. Wenn nach heutigem Erkenntnisstand aus den Modellrechnungen die Wichtigkeit der Konkurrenz einer großen Vielfalt natürlicher Ursachen für Klimaänderungen – zu der möglicherweise auch anthropogene beitragen – keine verlässliche Antwort herauszuarbeiten ist, dann ist eben dieses der Politik und der Öffentlichkeit mitzuteilen, nicht mehr und nicht weniger ist zu fordern. *Albert Einstein* ist auch die beabsichtigte Findung einer allumfassenden Weltformel nicht gelungen, ohne dass dies seiner außerordentlichen Entdeckungsleistung den geringsten Abbruch tun könnte. Alles ist relativ, Raum, Zeit, Klimawandel, Haushaltsdefizit, Stabilitätskriterien u. v. a. m.

Wie schon *A. Einstein* betont hatte, sind unsere Theorien freie Schöpfungen des menschlichen Geistes und wir können nie sicher sein, dass sie die wirklichen Verhältnisse zutreffend darstellen.

Prof. Dr. *Helmut Alt*, Aachen (34218)

## Klimagefährdung – Klimaschutz Agitation ohne wissenschaftliche Rechtfertigung

Das Thema einer vom Menschen als Folge der Verwendung fossiler Energieträger, des dadurch verstärkten Eintrags von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in die Lufthülle der Erde, vermuteten Beeinflussung des Klimas ist weiter aktuell. Dabei ist weder der gesamte CO<sub>2</sub>-Kreislauf detailliert verstanden, noch sind die Zusammenhänge um die energetischen Prozesse in der Atmosphäre, die Wetter und damit Klima formen, ausreichend geklärt. Die Vermutungen einer vom Menschen verursachten Klimaänderung werden mit der Zunahme des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre begründet, wodurch die Energieabfuhr aus dem System Erde/Atmosphäre behindert würde. Mit der Durchsetzung des Kyoto-Protokolls werden bereits kostspielige Maßnahmen zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen getroffen, die unsere Volkswirtschaft belasten. Die rechtzeitige Nutzung des besonders im Bereich der Stromerzeugung mittels Wärmekraft-

werken speziell im Fachgebiet Wärmelehre vorhandenen Sachverstandes anstatt des blinden Vertrauens auf vermuteten Sachverstand im Bereich der Klimamodellierung hätte die gegenwärtig ablaufende politische Entwicklung frühzeitig beenden können. Im Folgenden werden die Gegebenheiten und Verhältnisse des Energieein- und -ausstrags in das/aus dem System Erde/Atmosphäre und des Verbleibs der Energie in diesem System erläutert. Es ist unter Nutzung naturwissenschaftlichen Grundlagenwissens keinerlei Gefährdung der klimatischen Gegebenheiten auf unserer Erde durch einen höheren CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft zu erkennen.

### Die Lufthülle der Erde – ein Energiespeicher

Auch wenn wir meinen, »auf« der Erde zu leben, sollte bewusst sein, dass wir uns zugleich am Boden eines Ozeans aus Luft be-

wegen. Unter uns haben wir zumeist feste, gelegentlich auch flüssige Materie, um uns herum gasförmige Materie, die umgebende Luft. Wir befinden uns nicht im geringsten im materiefreien Raum, im Vakuum. Wir leben zudem in einem Energiespeicher. Luft, verstärkt im Zusammenwirken mit der darin enthaltenen Feuchtigkeit, speichert Wärme. Dies ist vor allem die über die Sonneneinstrahlung zugeführte Wärme; gegenüber dieser Energiequelle für das System Erde/Atmosphäre sind sämtliche anderen freigesetzten Wärmemengen, z. B. durch Verbrennung von Energieträgern, Erdwärme geologischen Ursprungs u. a. m. von untergeordneter Bedeutung.

Über die uns umgebende Luft nehmen wir den für unseren Stoffwechsel nötigen Sauerstoff auf; in diese Luft geben wir ein Endprodukt unseres zum Lebenserhalt erforderlichen Stoffwechsels, das CO<sub>2</sub> ab, und zwar pro Kopf und Jahr rd. 350 kg. Die Luft nutzen wir auch zur Temperierung, d. h. Kühlung, ggf.

auch Erwärmung, sowie zur Ventilierung unseres Körpers. Die Eigenschaft der Luft, dass sie äußerst beweglich ist und schon bei kleinsten Dichteunterschieden von selbst in Bewegung gerät [1], ist die Voraussetzung für jegliches menschliche Leben und für das tierische Leben, soweit Lungenatmung vorliegt. Durch diese Eigenschaft ersticken wir nicht in der von uns ausgeatmeten Luft. Luft, in Verbindung mit dem auf unserem Planeten zumeist üppig vorhandenen Wasser und der jeweils enthaltenen Wärme, ist ursächlich dafür, dass es Wetter und in längerfristiger Sicht Klima, den längerfristigen Mittelwert (30 Jahre) des Wetters, gibt. Schon 1824 hatte der Physiker *Sidi Carnot* erkannt: »Der Wärme sind die bedeutenden Bewegungen zuzuschreiben, die wir überall um uns auf der Erde beobachten. Wärme ist die Ursache der Strömungen in der Atmosphäre, der aufsteigenden Wolkenbewegungen, des Regens und anderer atmosphärischer Erscheinungen.« Damit hatte *S. Carnot* schon auf die Minimalvoraussetzung zum Verstehen der Wettervorgänge, der physikalischen Gegebenheiten und Abläufe im untersten Bereich der Atmosphäre, hingewiesen, nämlich eine gewisse Kenntnis der Grundlagen der Wärmelehre.

### Ein paar Grundlagen

Man muss sich zunächst weniger Begriffe erinnern. Einer davon ist Wärme. Wir empfinden Wärme als Temperaturzustand der uns umgebenden Materie, z. B. als Wärme der Luft, des Wassers, des Dampfes oder sonstiger Medien. Wärme ist eine Form von Energie, sie wird verknüpft mit der ungeordneten Bewegung der Atome bzw. Moleküle eines Stoffes bzw. von Stoffgemischen. Wärme ist immer mit dem Vorhandensein von Materie, des Wärmeträgers, verbunden. Im materiefreien Raum gibt es keine Wärme. Die Wärmelehre (Thermodynamik) definiert Wärme als Energieform mit besonderen Übertragungseigenschaften: »Wärme ist Energie, die allein aufgrund eines Temperaturunterschiedes zwischen einem System und seiner Umgebung (oder zwischen zwei Systemen) über die gemeinsame Systemgrenze übertragen wird.« [2] Oder: »Wärme ist (...) die Energieform, die bei der Wechselwirkung eines Systems mit einem anderen aufgrund einer Temperaturdifferenz über die Systemgrenze fließt.« [3] Wir empfinden Wärme aufgrund des Übergangs dersel-

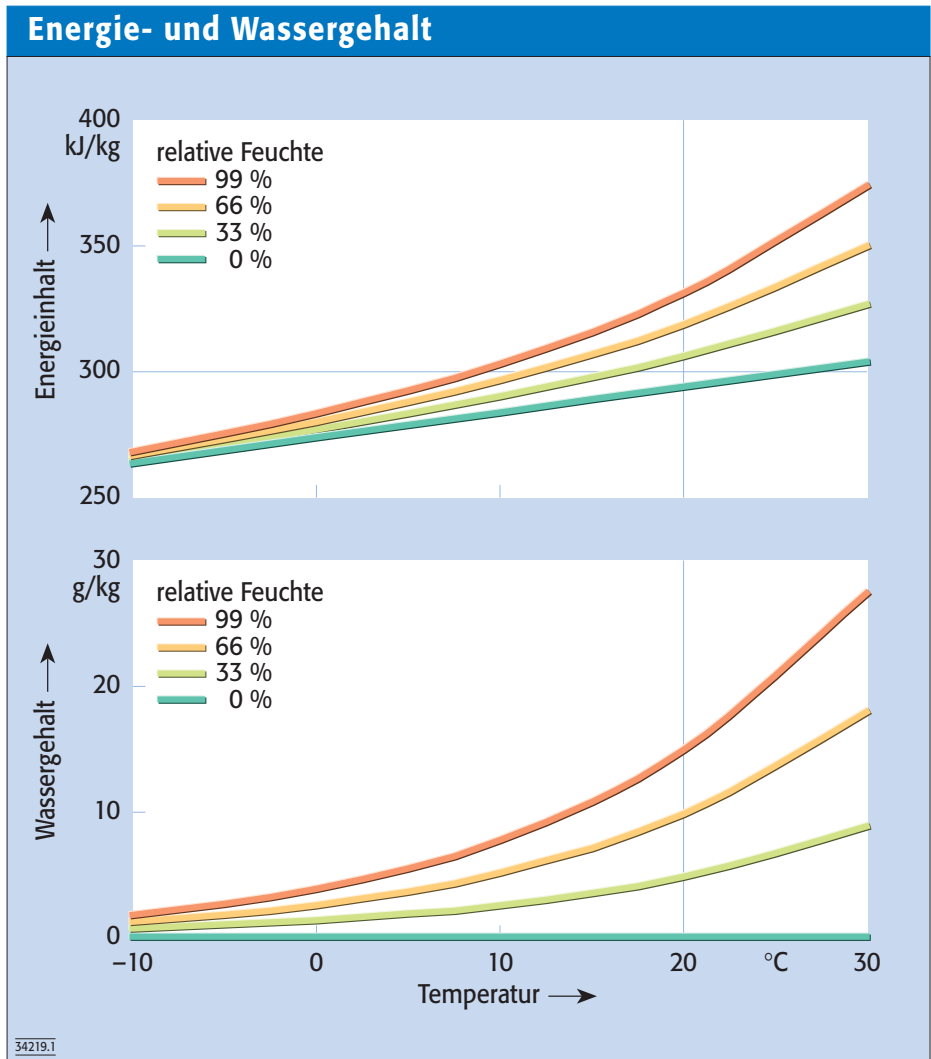


Bild 1. Energie- und Wassergehalt trockener und feuchter Luft bei 1 bar

ben vom umgebenden Medium auf uns oder umgekehrt. Wärme ist Energie, es gibt eine Gleichwertigkeit von Wärme und Arbeit.

Temperatur ist der zweite Begriff, an den erinnert werden muss. Temperatur ist eine Größe, die über den Zustand der mittleren Bewegungsenergie der Atome und Moleküle der betrachteten Materie Auskunft gibt. Die Temperatur eines Körpers ist dieser mittleren Bewegungsenergie seiner Atome und Moleküle proportional. Die Temperatur ist anhand von Skalen festgelegt. Der absolute Nullpunkt liegt bei 0 K bzw.  $-273,15\text{ °C}$ , tiefere Temperaturen gibt es nicht. Die Temperatur ist durch Vergleich der Zustände unterschiedlicher Körper festzustellen: »Systeme im thermischen Gleichgewicht haben die gleiche Temperatur, Systeme, die nicht im thermischen Gleichgewicht stehen, haben verschiedene Temperaturen.« [4] Die Temperatur wird wie folgt korrekt gemessen: »Um die Temperatur

eines beliebigen Systems zu messen, stellt man das thermische Gleichgewicht zwischen diesem System und dem Thermometer her. Das Thermometer hat dann dieselbe Temperatur wie das zu untersuchende System. Bei dieser Operation ist darauf zu achten, dass sich nur der Zustand des Thermometers ändert, der Zustand des untersuchten Systems praktisch konstant bleibt. Das Thermometer muss also »klein« gegenüber dem System sein, damit sich bei der Einstellung des thermischen Gleichgewichtes allein seine Temperatur ändert, aber die des Systems nur im Rahmen der zulässigen Messunsicherheit.« [5]

Um die Messung der Lufttemperatur für meteorologische Zwecke korrekt vornehmen zu können, wird diese in Bodennähe (2 m über dem Erdboden) mittels Thermometer gemessen, welche in Wetterhütten untergebracht sind. Diese Wetterhütten sind vollständig

durchlüftet, das Thermometer wird vor jeglicher Sonnen- oder sonstiger Einstrahlung bewahrt; somit kann sich das thermische Gleichgewicht zwischen der Luft und dem Thermometer einstellen.

Der Wärmeinhalt der Luft hängt von drei Parametern ab: Temperatur, Menge der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit und Dichte bzw. Druck. Dabei wird der Wärmeinhalt stets auf eine Bezugsgröße bemessen, üblicherweise auf 1 kg Masse. Die exakte Kenntnis zumindest der ersten beiden der genannten drei Parameter ist unabdingbare Voraussetzung zur genaueren Kenntnis des Energiegehaltes der Luft.

Im *Bild 1* sind die Verhältnisse für Temperaturen im Bereich  $-10$  bis  $+30$  °C bei relativen Feuchten von 0 bis 99 % graphisch dargestellt. Der Druck ist dabei konstant belassen; in dem hier betrachteten Bereich gibt es nur eine vernachlässigbare Druckabhängigkeit des Energiegehaltes der Luft. Der Energieinhalt trockener Luft steigt mit der Temperatur, und zwar um rd. 1 kJ/kg je Grad. Bei feuchter Luft wird der Energieinhalt in erheblichem Maß durch die latente Wärme des enthaltenen Wasserdampfes bestimmt, nur in Bereichen sehr nahe und unter 0 °C kann wegen des dann sehr geringen Wassergehaltes schon anhand der Temperatur auf den Energieinhalt geschlossen werden. Bei höheren Temperaturen ist dies anders. Beispielsweise ist bei  $+20$  °C (und 1 bar) der Energieinhalt der Luft bei 99 % relativer Luftfeuchtigkeit um rd. 13 % bzw. 37,5 kJ/kg (entspricht 10 Wh/kg) höher als der trockener Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck. Bei 1 bar haben trockene Luft der Temperatur von  $+26,4$  °C und feuchte Luft mit 99 % relativer Feuchte und  $+8,8$  °C denselben Energieinhalt (300 kJ/kg). Der Unterschied in den hier betrachteten Zuständen der Luft liegt im Gehalt an Wasserdampf, trockene Luft enthält kein Wasser, feuchte Luft, 99 % relative Feuchte, enthält bei  $8,8$  °C bereits 7,1 g Wasser je kg Luft.

Aus diesen Gegebenheiten ist zu folgern, dass aufgrund lediglich von Temperaturmessungen bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes keine ausreichend genauen Erkenntnisse gewonnen werden, die auf die in der Luft gespeicherte Energie, d. h. auf die enthaltene Wärme, schließen lassen. Und da Wetter und Klima energetische Vorgänge sind, kann auf der Basis

gemessener Temperaturveränderungen allein nicht auf die tatsächlich eingetretenen Veränderungen geschlossen werden.

### Wie kommt die Wärme in die Luft?

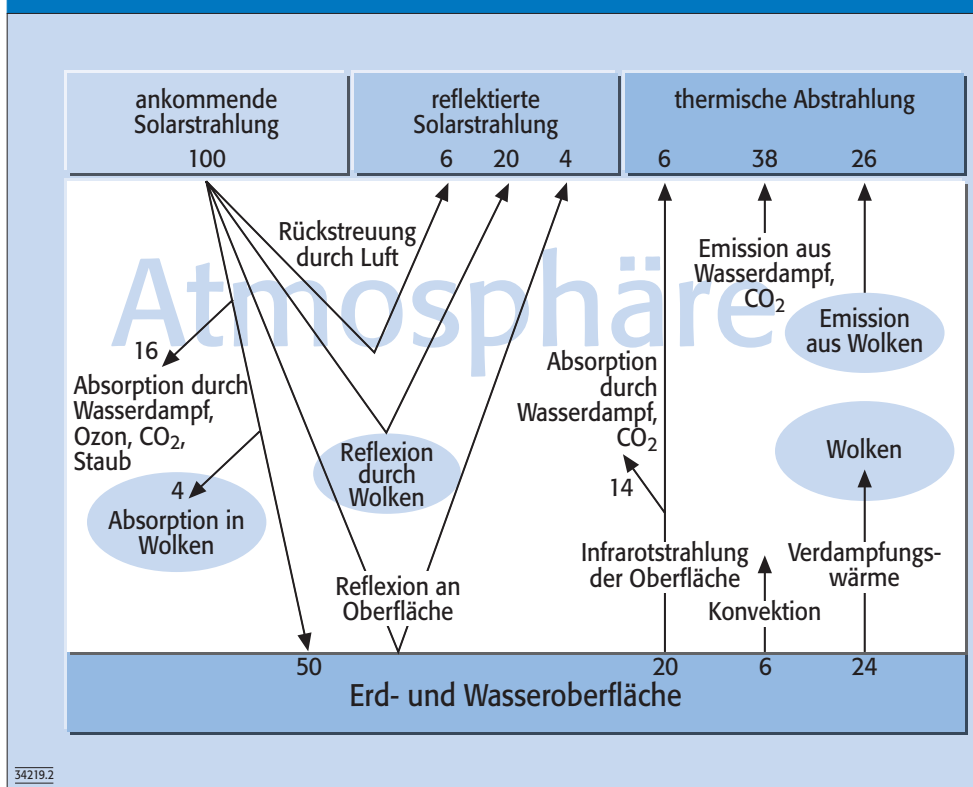
Unser Planet bezieht die auf ihm spürbare Wärme von der Sonne. Die Sonne strahlt ständig Energie ab. In der Literatur wird für die Position der Erde zur Sonne die Leistung der Sonneneinstrahlung mit 1 360 bis 1 380  $W/m^2$  genannt [6]. Mit dieser Leistung würde eine oberhalb der Atmosphäre senkrecht zur Sonneneinstrahlung befindliche Fläche beschienen. Es ist üblich, die Leistung der Sonneneinstrahlung bezogen je Quadratmeter Erdoberfläche und weltweit gleichmäßig darzustellen. Damit wird die Leistung am oberen Atmosphärenrand auf  $1/4$  des Wertes der Solarkonstante vermindert, also auf rd.  $342 W/m^2$ .

Das Schema in *Bild 2* gibt über den Verbleib der auf die Erde einfallenden Sonneneinstrahlung Auskunft; es zeigt, dass die von der Sonne insgesamt eingestrahelte Energie (100 Einheiten bzw.  $342 W/m^2$ ) zu 30 % durch Reflexion und Rückstreuung direkt wieder ins All zurückgeschickt wird. Wolken verursa-

chen  $2/3$  dieser Rückstrahlung, bezogen auf die Einstrahlung also 20 %. Durch Wasserdampf, Sauerstoff, Ozon und  $CO_2$  werden rd. 20 % der Einstrahlung absorbiert. Die restlichen rd. 50 % der Einstrahlung kommen an der Oberfläche der Erde an.

Das Schema in *Bild 2* enthält aber erhebliche Unsicherheiten, denn der Anteil der Reflexion durch Wolken ist mit 20 % der Einstrahlung (also rd.  $69 W/m^2$ ) fixiert, obwohl es keine Hinweise gibt, dass der Grad der durchschnittlichen Bewölkung weltweit konstant war, ist und bleibt. Wolken bestimmen sehr erheblich den Energieeintrag in den untersten Teil der Atmosphäre. Bei einer geschlossenen Wolkendecke kommen nur noch ungefähr 50 % der oberhalb der Wolkendecke verfügbaren Sonneneinstrahlung am Erdboden an [8]. Die in *Bild 2* gezeigte, an der Erdoberfläche ankommende Strahlungsleistung trifft also nur beim angesetzten Grad der mittleren Bewölkung zu. Bei dem Anteil von 20 % für Reflexion der eintreffenden Sonneneinstrahlung durch Wolken handelt es sich zudem um eine Schätzung. Eine Variation dieser Schätzung im Bereich 25 bis 15 % würde bedeuten,

### Schema



*Bild 2. Schema der globalen Strahlungs- und Energieflüsse nach Peixoto/Oort [7], die Flüsse beziehen sich auf den Wert der eintreffenden, global gleichmäßigten Solarstrahlung, die mit 100 Einheiten bezeichnet ist*

dass an der Erdoberfläche 159 bis 185 W/m<sup>2</sup> ankommen. Aus Untersuchungen von *Ohmura* [9] geht hervor, dass sich in den vergangenen Jahrzehnten die Leistung der an der Erdoberfläche ankommenden Sonneneinstrahlung je Dekade um rd. 3 % vermindert hat, also in den letzten 30 Jahren um rd. 10 % (bzw. auf die genannten mittleren Werte bezogen um 17 W/m<sup>2</sup>). Das ist eine Größenordnung, die der Wirkung einer Variation der Bewölkung um 5 Prozentpunkte übertrifft. Der Rückgang ist bei unveränderter Intensität der Einstrahlung am oberen Rand der Atmosphäre eingetreten. Die Ursachen der von *Ohmura* festgestellten Entwicklung sind nicht bekannt; verlässliche Daten über die Veränderung der Bewölkung in diesem Zeitraum liegen nicht vor, wenngleich eher von einer Zunahme berichtet wird. Trotz der erheblich geringeren an der Erdoberfläche ankommenden Sonneneinstrahlung waren jedoch keine rückläufigen Lufttemperaturen zu verzeichnen.

Die an der Erd- bzw. Wasseroberfläche ankommende Strahlung wird dort absorbiert, was zur Erwärmung der Erd- bzw. Wasseroberfläche führt. Die so aufgenommene Wärme wird wieder abgeführt, vor allem (zu 48 %) durch Verdunstung, thermische Strahlung (rd. 40 %) sowie Konvektion (12 %). Die bei der Verdunstung von Wasser im dabei gebildeten Wasserdampf enthaltene Verdampfungswärme wird als »latente Wärme«, also ohne unmittelbar feststellbare Temperaturwirkungen, in die Luft übernommen. Erst beim Kondensieren des Wasserdampfes, in der Regel in der Höhe bei Wolkenbildung, wird die Verdampfungswärme wieder an die Luft abgegeben, und zwar auf dem Temperaturniveau der jeweiligen Höhe. Die von der Erdoberfläche abgegebene thermische Strahlung (rd. 68 W/m<sup>2</sup>) wird zu 70 % durch einige Bestandteile der Luft, hauptsächlich Wasserdampf, daneben auch CO<sub>2</sub>, innerhalb der Lufthülle absorbiert und in Wärme umgewandelt, lediglich die restlichen 30 % der thermischen Abstrahlung (21 W/m<sup>2</sup>) gelangen direkt ins All. Dass bei einer vermehrten Bewölkung auch hier wesentlich veränderte Zahlen anzusetzen wären, ist wegen der geringeren Durchlässigkeit der Wolken für fast alle Strahlungsfrequenzen zwingend. Diese Wirkungen sind bislang nicht ausreichend quantifiziert.

Die in die Luft eingebrachte Wärme, egal ob dies durch Absorption ankommender Sonneneinstrahlung, durch Auf-

nahme der Kondensationswärme (Verdampfungswärme) bei der Kondensation der Luftfeuchtigkeit, durch Absorption der von der Erdoberfläche abgehenden thermischen Strahlung oder auch durch Konvektion an der Erdoberfläche geschah, bewirkt, dass in der Luft die jeweils aktuellen Temperaturen feststellbar sind.

Gase, und Luft ist ein Gemisch aus mehreren Gasen, haben die Eigenschaft, komprimierbar zu sein. Bringt man Gas unter Druck, so wird es verdichtet. Dabei wird Arbeit geleistet. Diese Arbeit wirkt sich in einer Erhöhung des Arbeitsinhaltes des Gases aus und wird, sofern sonst keine weiteren Änderungen eintreten und keine Wärmeabfuhr möglich ist, durch eine Temperaturerhöhung nachweisbar. Der grundlegende Zusammenhang ist durch die Allgemeine Gasgleichung  $pV = RT$  (Druck mal Volumen = Gaskonstante mal Temperatur) beschrieben. Die Wirkung dieser Eigenschaft der Gase soll im folgenden Beispiel veranschaulicht werden.

Man stelle sich zwei nebeneinander aufrecht stehende, gegeneinander und gegen die Umgebung völlig isolierte (keine Wärmeleitung, keine Konvektion, keine Strahlung) Röhren vor, jede 10 000 m hoch. Die Röhren seien oben und unten durch ebenfalls von der Umgebung thermisch total isolierte Bögen verbunden. Die Röhren werden auf der Erdoberfläche, auf NN, platziert, sie seien mit trockener Luft gefüllt. Auf NN wird eine Öffnung angebracht, sodass dort innen der gleiche Luftdruck wie außen herrscht. In den Verbindungsbogen auf NN wird noch ein Ventilator eingebracht, der für einen Zwangsumlauf der Luft in diesem System sorgt. In einer Röhre steigt die Luft auf, geht am oberen Bogen in die andere Röhre über und sinkt dann wieder bis zum unteren Ende ab. Drücke und Temperaturen der in den Röhren zwangsumlaufenden Luft haben nun je nach Höhe unterschiedliche

Werte. Auf NN sollen die Temperatur +15 °C und der Druck 1,0 bar betragen. Mit der Höhe sinken die Temperatur um rd. 1 °C je 100 m und der Luftdruck um unten zunächst rd. 13 mbar je 100 m, nach oben hin schwächer, am oberen Ende mit 4,2 mbar je 100 m Höhenzuwachs. Am oberen Ende beträgt die Temperatur der Luft noch rd. -85 °C, der Luftdruck ist auf rd. 0,2 bar zurückgegangen, das Volumen von 1 kg Luft beträgt hier das rd. 3,2-fache dessen am unteren Ende der Röhre. Mit steigender Höhe sinkt die Temperatur der Luft in beiden Röhren gleichmäßig ab. Grund hierfür ist, dass der Druck jeweils durch die »Gewichtskraft« der darüberliegenden Luftsäule bestimmt ist. Und diese wird mit größerer Höhe immer geringer. Jedes Luftvolumenteil, das sich etwas höher befindet als das darunterliegende, ist weniger komprimiert, weniger dicht und damit leichter und zudem noch wegen der eingetretenen Ausdehnung kälter. Die Temperaturänderungen der in den Röhren zirkulierenden Luft sind allein durch die physikalischen Eigenschaften der Luft und den mit der Höhe rückläufigen Luftdruck verursacht.

Die Röhren sollen so weite Durchmesser haben, dass auch Auf- und Abströmungen in jeder der beiden Röhren nebeneinander stattfinden können. Wenn in diesen Röhren durch örtliche Energiezufuhr Luftpakete erwärmt werden, sich dabei ausdehnen und

---

Anzeige

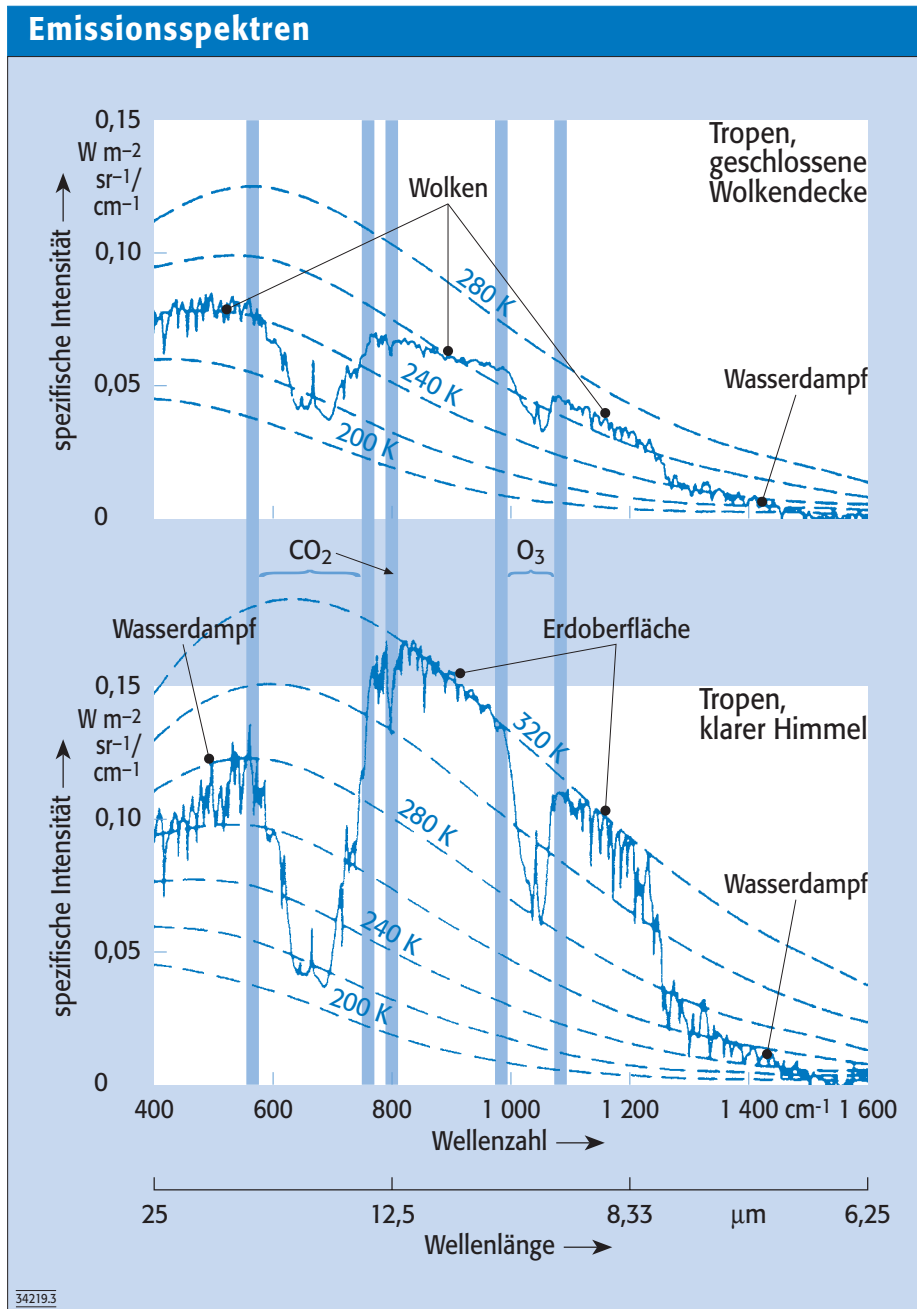


Bild 3. Vom Satelliten gemessene Emissionsspektren [11]

damit leichter als die umgebende Luft werden, dann steigen sie wegen des eingetretenen Auftriebs unverzüglich auf. Eine bleibende Erwärmung am Ort der Energiezufuhr tritt nicht auf, es könnte sich lediglich die Zirkulation der Luft etwas verändern. Jegliche irgendwie und irgendwo in dieses System eingespeiste Wärme wirkt unverzüglich auf das gesamte System; es ist unmöglich, z. B. durch Wärmeeinspeisung am unteren Ende einer Röhre den Temperaturabfall (Temperaturgradienten) darin mit der Höhe irgendwie zu beeinflussen. Solange die Luft frei beweglich in die-

sem System ist, solange beträgt der Temperaturrückgang der hier vorhandenen trockenen Luft mit der Höhe rd.  $1^\circ\text{C}$  je 100 m. Und genau so ist es auch in der ständig bewegten Lufthülle der Erde. Jede – in welcher Höhenlage auch immer – zugeführte Energiemenge verändert den Zustand der gesamten Lufthülle und führt keineswegs dazu, dass am Eintragsort die Luft wärmer ist als in den umgebenden Bereichen.

Die Hypothese eines anthropogenen Klimawandels leitet aus der angenommenen Zunahme der Absorption der vom Erdboden direkt ins All gehenden

Strahlung eine vermehrte Erwärmung der Atmosphäre ab. Diese Zunahme der Absorption soll durch den Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes der Luft hervorgerufen werden. Es handelt sich dabei lediglich um die Absorption eines Bruchteils der restlichen, nicht bereits absorbierten thermischen Strahlung der Erdoberfläche, also um einen Bruchteils der 6 % ( $21 \text{ W/m}^2$ ), die derzeit noch unmittelbar ins All gelangen. Zur Beurteilung der Berechtigung der Klimawandel-Hypothese muss einerseits betrachtet werden, ob denn eine Zunahme des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes der Luft die verbliebene thermische Abstrahlung der Erdoberfläche direkt ins All vollständig unterbinden könnte. Hug [10] hat hierzu festgestellt, dass eine solche zusätzliche Absorption von thermischer Strahlung durch einen erhöhten  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Luft allenfalls marginal sein kann, d. h. vernachlässigbar, da die bereits vorhandenen  $\text{CO}_2$ -Anteile die spektralen Absorptionsmöglichkeiten bereits nahezu erschöpfend erfüllen. Andererseits muss die Funktionsweise des Energieaustauschs aus dem System Erde/Atmosphäre angesehen werden, um Wirkungen einer erhöhten Wärmezufuhr in die Atmosphäre beurteilen zu können.

### Der Wärmeaustausch aus dem System Erde/Atmosphäre

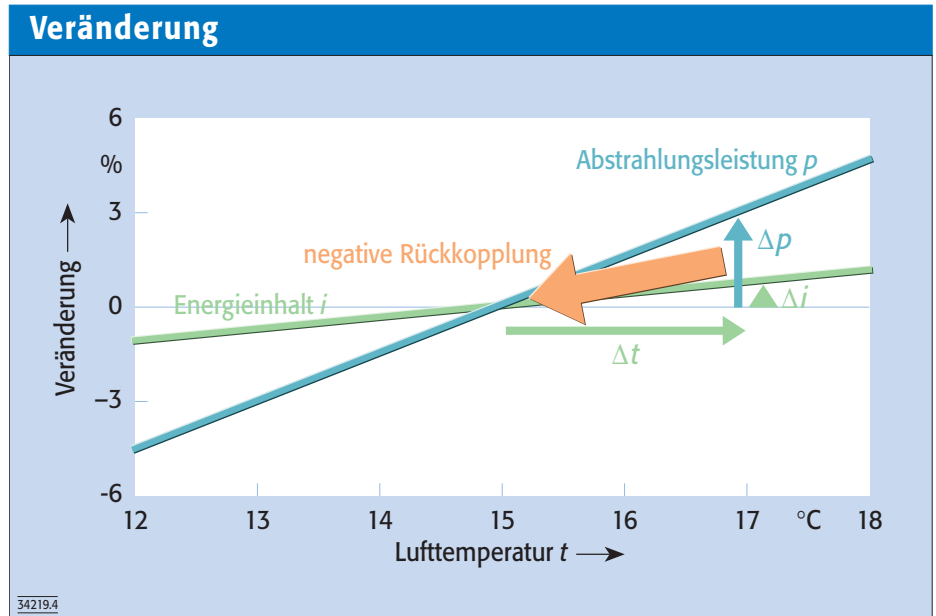
Die mittels Satelliten beobachteten Emissionsspektren der Erde bestätigen, dass zum sehr erheblichen Teil Wärme unmittelbar aus der Atmosphäre, und nicht direkt von der Erdoberfläche, ins All gestrahlt wird:

Bild 3 enthält zwei solcher Spektren, sie zeigen die Emissionsverhältnisse aus dem tropischen Bereich des westlichen Afrika. Das obere Diagramm ist bei geschlossener Wolkendecke aufgenommen worden, das untere bei klarem Himmel. Die Unterschiede zwischen beiden Diagrammen sind erheblich. Bei klarem Himmel ist unmittelbar von der Erdoberfläche ausgehende Strahlung im Bereich der Wellenzahlen von 800 bis  $1000 \text{ cm}^{-1}$  und  $1080$  bis  $1280 \text{ cm}^{-1}$  festzustellen. Bei geschlossener Wolkendecke ist die Intensität jener Strahlung, die bei der Messung bei klarem Himmel der Emissionsquelle Erdoberfläche zugeordnet werden kann, auf ein solches Maß vermindert, dass man als Emissionsniveau die Höhe der Wolken annehmen kann. Ob es sich bei dieser Verminderung der Strahlungsintensität in den Frequenzbereichen, die bei klarem

Himmel transparent für die von der Erdoberfläche emittierte thermische Strahlung sind, ausschließlich um die Wirkung der diffusen Reflexion der Wolken oder aber auch um Absorption und Emission durch die Wolken handelt, kann anhand der Spektren nicht geklärt werden. In der Wirkung ist die Präsenz der geschlossenen Wolkendecke jedoch so, dass dann überhaupt keine Strahlungsintensität mehr registriert werden kann, die unzweifelhaft dem Temperaturniveau der Erdoberfläche zuzuordnen wäre. Sämtliche Abstrahlung des Systems Erde/Atmosphäre geschieht dann mit Intensitäten, die Emissionsquellen in größeren Höhen der Lufthülle zugeordnet werden können.

In den Diagrammen in *Bild 3* ist ferner zu erkennen, dass im Bereich der Wellenzahlen kleiner als  $580\text{ cm}^{-1}$  und größer als  $1280\text{ cm}^{-1}$  die Emissionsquelle der Wasserdampf in der Luft ist, die Emission geht aus größerer Höhe aus, vermutlich aus dem Bereich von 5000 bis 6000 m bei Temperaturen um  $-15\text{ °C}$  (rd. 260 K). Lediglich im Spektralbereich des  $\text{CO}_2$  ( $400$  bis  $750\text{ cm}^{-1}$ ) wird Strahlung aus noch größerer Höhe, etwa um 12000 bis 13000 m bei Temperaturen um  $-60\text{ °C}$  (rd. 215 K) emittiert. Im Spektralbereich des Ozons ( $980$  bis  $1080\text{ cm}^{-1}$ ) liegt die Emissionsquelle etwa in Höhe der – falls vorhanden – Wolkendecke.

Der Vergleich beider Diagramme zeigt außerdem, dass bei geschlossener Wolkendecke die Intensität und damit die Leistung der thermischen Abstrahlung ins All lediglich rd. 50 % jener bei klarem Himmel entspricht. Auf globale Mittelwerte bezogen bedeutet dies einen durch geschlossene Bewölkung gegenüber klarem Himmel verursachten Unterschied in der Abstrahlungsleistung von  $120\text{ W/m}^2$ . Dieses Ausmaß an Beeinflussung der thermischen Abstrahlung aus dem System Erde/Atmosphäre in das All allein durch Wolken ist so gewichtig, dass damit alle übrigen vermuteten Beeinflussungen, wie sie z. B. in [12] bei einer Zunahme des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes der Luft behauptet werden, nämlich bei Verdopplung des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes eine Verminderung der thermischen Abstrahlung ins All um  $4\text{ W/m}^2$ , in den Bereich der völligen Bedeutungslosigkeit verwiesen werden. Die Wirksamkeit der Wolken für den Energiehaushalt des Systems Erde/Atmosphäre ist gegenüber allen anderen möglichen Wirkungsmechanismen [13] so überwältigend, dass diese anderen keiner größeren Beachtung



**Bild 4.** Veränderung von Energieinhalt und Abstrahlungsleistung des Systems Erde/Atmosphäre in Abhängigkeit der Lufttemperatur, Messpunkt der Lufttemperatur: 2 m über Oberfläche in Seehöhe (Rechenansatz: 20 % der Abstrahlungsleistung gehen von der Erdoberfläche, 75 % aus rd. 4000 m und 5 % aus rd. 10000 m Höhe ab)

bedürfen. Die Rolle der Bewölkung ist vor allem deswegen so extrem, weil es keinen beständigen Grad der Bewölkung gibt, auch nicht in längerfristiger Sicht.

Die prinzipiellen Zusammenhänge beim Energieaustausch aus dem System Erde/Atmosphäre sind im Folgenden zu betrachten. Sämtliche aus dem System Erde/Atmosphäre in das All abzuführende Energie kann nur über Strahlung abgegeben werden, da außerhalb der Atmosphäre wegen des Fehlens eines Trägermediums Wärmeleitung und Konvektion zur Wärmeübertragung ausscheiden. Bei der Wärmeübertragung mittels Strahlung gibt es eine Abhängigkeit der Leistung von den 4. Potenzen der absoluten Temperaturen des abgebenden und des aufnehmenden Mediums. Die prinzipiellen Zusammenhänge beschreibt das Stefan-Boltzmannsche

Gesetz, das da lautet:  $P = \sigma F T^4$ .

Die von einem absolut schwarzen Körper abgegebene Strahlungsleistung  $P$  ist seiner Oberfläche  $F$  und der 4. Potenz seiner absoluten Temperatur  $T$  proportional.

Das System Erde/Atmosphäre ist zwar kein »Schwarzer Strahler«, aber die Temperaturabhängigkeit der Strahlungs-

Anzeige

leistung gemäß der 4. Potenz der Temperatur bleibt uneingeschränkt erhalten. Damit ergeben sich Zusammenhänge zwischen der Abstrahlungsleistung der ins All strahlenden Bereiche des Systems Erde/Atmosphäre und dem Wärmehalt der Lufthülle der Erde. Bei 1 K Temperaturanstieg steigt der Energieinhalt einer bestimmten Luftmasse, beispielsweise eines kg trockener Luft bei 0,5 bar und einer Temperaturveränderung von  $-10$  auf  $-9$  °C um  $264,15/263,15$  bzw. rd. 0,38 %. Gleichzeitig steigt aber die Abstrahlungsleistung aus dieser Luftmasse mit den 4. Potenzen der absoluten Temperaturen, also um  $264,15^4/263,15^4$  bzw. 1,5 % an, also um rd. das Vierfache der Zunahme des Energieinhaltes. Im *Bild 4* ist dieser Zusammenhang in Diagrammform dargestellt. Die im Diagramm angegebene Lufttemperatur bezieht sich auf den Messpunkt 2 m über dem Erdboden, die Temperaturen der höheren Emissionsbereiche sind jeweils mit dem in der Fachliteratur genannten Temperaturgradienten feuchter Luft (0,7 K/100 m) vermindert. Bedingt durch den auch bei Temperaturveränderungen unverändert bleibenden Temperaturgradienten sind Veränderungen der Lufttemperatur an der Position 2 m über dem Erdboden in absolut gleichem Ausmaß durchgängig auch in der Höhe wirksam.

*Bild 4* zeigt, dass bei einer Temperaturerhöhung im System Erde/Atmosphäre um  $\Delta t$  der Energieinhalt der Luft um  $\Delta i$  ansteigt. Gleichzeitig steigt aber die Abstrahlungsleistung etwa viermal so stark an, um  $\Delta p$ . Dieser weitaus überproportionale Anstieg der Abstrahlungsleistung gegenüber der Zunahme des Energieinhaltes der Luft, des überhaupt zur Abstrahlung zur Verfügung stehenden Wärmeangebotes, bewirkt, dass bei einer Temperaturerhöhung durch verstärkte Abstrahlung (negative Rückkopplung) unverzüglich der alte Zustand wieder hergestellt wird. Bei einer Temperaturabsenkung würde der entgegengesetzte Mechanismus wirksam. Systeme, die solche Eigenschaften ausweisen, befinden sich im stabilen Gleichgewicht, es gibt keine Möglichkeit, solche Systeme aus dem Gleichgewicht zu bringen. Andere Aufteilungen der für *Bild 4* angesetzten Anteile der Abstrahlung auf die einzelnen Emissionsquellen bringen sehr ähnliche Ergebnisse; auch für feuchte Luft ergeben sich prinzipiell gleichwertige Resultate. Selbst für die Annahme, dass bei steigendem  $\text{CO}_2$ -Gehalt die Emissions-

leistung aus dem  $\text{CO}_2$ -Band infolge einer Verlagerung in größere Höhen vermindert würde [12], überkompensiert die Zunahme der Strahlungsleistung aus den anderen Bereichen diesen Effekt. Der Denkansatz, dass durch eine etwas erhöhte Absorption der von der Erdoberfläche abgehenden thermischen Strahlung bei ansteigendem  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre (z. B. bei Verdopplung von derzeit rd. 0,035 % auf künftig eventuell 0,07 %) Auswirkungen auf die Temperaturen in der Atmosphäre haben könnte, ist somit keineswegs begründbar, unter Anwendung von Strahlungsphysik und der Thermodynamik ist dieser Denkansatz als absurd zu werten.

### Folgerungen

Veränderungen der gemessenen Temperaturen und der daraus gebildeten globalen Durchschnittswerte allein sind kein ausreichendes Maß, um von Klimaveränderungen sprechen zu können. Die Atmosphäre in Verbindung mit dem Wasser funktioniert prinzipiell ähnlich einer Wärme-Kraft-Maschine. Um das Geschehen in einer solchen Maschine verstehen zu können, ist die Erfassung der jeweils an den einzelnen Orten verfügbaren Energie sowie deren Zu- und Abgänge eine Minimalvoraussetzung. Vor allem ist für die Erfassung des jeweiligen örtlichen Energiezustandes auch die Kenntnis der Luftfeuchtigkeit von Bedeutung. Nicht ohne Grund unterscheidet die Meteorologie mehr als 30 Klimate in fünf Klimazonen, wobei die jeweilige Präsenz von Niederschlag wesentliche Bestimmungsgröße ist. Eine Veränderung der Atmosphärenmasse, die nach Auffassung des Verfassers nicht völlig auszuschließen ist [13], hätte in jedem Fall spürbare Folgen für die thermischen bzw. energetischen Verhältnisse auf unserer Erde. Die Frage nach der Stabilität der Atmosphärenmasse, nach eventuellen Einwirkungen der Menschen darauf, ist den Klimaprognostikern überhaupt noch nicht bewusst geworden.

Das System Erde/Atmosphäre ist bezüglich des Energieein- und -austrags stabil, die darin herrschenden Gleichgewichtskräfte können durch ansteigende  $\text{CO}_2$ -Gehalte nicht beeinflusst werden. Ein Bestandteil der Atmosphäre, der die Gleichgewichtsbedingungen beeinflussen und durchaus gewisse Schwankungen beim Energieein- und -austrag verursachen kann, ist das Wasser, besonders in der Form von Wolken. Solange das Verständnis des Wasserkreislaufs mit

all seinen Wirkungen nicht ausreichend detailliert entwickelt ist, allein die völlig unzureichende Treffsicherheit von nur mehrtägigen Wettervorhersagen beweist uns dies täglich, sollte man mit Prognosen zur Klimaentwicklung zurückhaltend sein. Denn Klima ist und bleibt nun mal der statistische Mittelwert des Wetters über längerfristigen Zeitraum. Und Wetter ist nichts anderes als der Ablauf thermodynamischer Vorgänge, zu deren Verständnis Kenntnisse der Strahlungsphysik [12] nicht ausreichen.

Die Zusammenhänge bezüglich der Bedeutungslosigkeit eines erhöhten  $\text{CO}_2$ -Gehaltes auf den Energieinhalt der Atmosphäre und die Unzulässigkeit, allein aufgrund von gewissen Veränderungen bei gemessenen Lufttemperaturen auf Klimaveränderungen zu schließen, dürften vorstehend nachvollziehbar erklärt sein. Soll die Politik nun aber auf jeden Fall unsere Volkswirtschaft mit kostspieligen Maßnahmen zur Vermeidung von  $\text{CO}_2$ -Emissionen belasten, nur weil sich Politiker einst sachkundige Berater geholt hatten? Das Beherzigen einer alten chinesischen Weisheit kann hier weiterhelfen: Wer einen Fehler gemacht hat, und diesen nicht korrigiert, begeht einen zweiten.

### LITERATUR

- [1] <http://people.freenet.de/klima/index.htm#wieso>
- [2] Baehr, H. D.: Thermodynamik, 10. Aufl. 2000, Springer, S. 69
- [3] Lucas, K.: Thermodynamik, Springer, 2000, S. 153
- [4] Baehr, H. D.: a. a. O., S. 32
- [5] Baehr, H. D.: a. a. O., S. 33
- [6] Kraus, H.: Die Atmosphäre der Erde, Friedr. Vieweg & Sohn, 2000, S. 123
- [7] Peixoto, J. P.; Oort, A. H.: Physics of Climate, American Institute of Physics, 1992, S. 94
- [8] z. B. Folie 11 in [http://www.ssec.wisc.edu/gifts/navy/meetings/2003/PYang\\_MURI\\_2003.ppt](http://www.ssec.wisc.edu/gifts/navy/meetings/2003/PYang_MURI_2003.ppt)
- [9] Goodbye sunshine, <http://www.guardian.co.uk/life/feature/story/0,13026,1108853,00.html>
- [10] Hug, H.: Der  $\text{CO}_2$ -Effekt oder die Spur einer Spur, Chemische Rundschau, Nr. 15/2002
- [11] Spektren aus: Hanel, R. A. et al.: Exploration of the solar system by infrared remote sensing, Cambridge University Press, 2-nd edition, 2003
- [12] <http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/aktivitaeten/pdf/treibhauseffekt.pdf>
- [13] mit Ausnahme einer Veränderung der Atmosphärenmasse, wofür es aber zurzeit keine ausreichend belastbaren Hinweise gibt, siehe: <http://people.freenet.de/klima/Einfluss.htm>

Heinz Thieme, Kaarst

(34219)