

Auszüge in Deutsch aus:

Gravitation and Gas Laws: An Alternative Approach to Climatology

von Dr. Wolfgang Brune, *Energy & Environment*, Vol. 20 No. 7, 2009, 1141-1147 (Nov. 2009)

Übersicht

Der „natürliche Treibhauseffekt“ ist eine der Grundlagen der traditionellen Klimatologie. Um die von der Erdoberfläche abgehende Wärmestrahlung in ein Gleichgewicht mit der Sonneneinstrahlung zu setzen, ist das mathematische Konstrukt einer Gegenstrahlung, die von einigen infrarot-aktiven Bestandteilen in der Atmosphäre emittiert wird, erforderlich; anderenfalls können die Evaporations- und Konvektionsströme von der Oberfläche und die entsprechenden Rückströme in Bezug auf die Netto-Strahlungsbilanz nicht erklärt werden. Um die tendenziöse Sicht auf alles-beherrschende Strahlungsprozesse in der Atmosphäre zu überwinden, sollte ein alternativer Zugang die Wirkung der Gravitation auf die Atmosphäre in Betracht ziehen. Ein atmosphärischer Temperatureffekt wird vollständig bestimmt durch die mittlere Globaltemperatur an der Oberfläche, die Strahlungsgleichgewichts-Temperatur des Systems Erde/Atmosphäre (in einigen km Höhe) und die pseudo-adiabatische Temperatursenkungsrate. Es gibt kein separates Strahlungserhaltungsgesetz an der Erdoberfläche, wohl aber eines für Energie. In dem ungleichen Wettbewerb mit der atmosphärischen Wärmestrahlung hat die Sonnenstrahlung eine einzigartige Stellung bezüglich der Umwandlung in Wärme im absorbierenden Material.

1. Wettbewerber an der Erdoberfläche

... Vorausgesetzt, die aus dem System Erde/Atmosphäre abgehende Strahlung kann als eine Planck-nahe Strahlung angesehen werden, muss das emittierende Niveau in einem Bereich liegen, der durch eine Strahlungstemperatur von 255 K charakterisiert werden kann. Anders als bei einem Planeten ohne Atmosphäre, dessen Kopplung an den Weltraum an seiner Oberfläche erfolgt und dessen Strahlungstemperatur an dieser Oberfläche gebildet wird – wobei alle anderen Bedingungen als gleich genommen werden – muss ein Planet mit Atmosphäre von einem höheren Niveau aus strahlen, in einer Höhe von einigen km. Das ist leicht zu verstehen: ein Anteil von 67 W/m^2 am gesamten Input von 235 W/m^2 wird durch die Atmosphäre absorbiert, während der verbleibende Teil von 168 W/m^2 durch die Erdoberfläche absorbiert wird. Die Erdoberfläche emittiert 66 W/m^2 durch Netto-Strahlung und 102 W/m^2 durch sensible und latente Wärme; es gibt daher kein Strahlungsgleichgewicht mit der Insolation. Auf Grund des Vorhandenseins einer Atmosphäre um die Erde kann der Planet mit seiner flüssigen und festen Oberfläche nicht mehr als ein einheitlicher Strahlungskörper betrachtet werden: es handelt sich nunmehr um ein materiell und energetisch gekoppeltes System von Erde und Atmosphäre; Strahlung ist ein Teil der Kopplung. Die Erdoberfläche ist deutlich wärmer als die theoretische Strahlungsgleichgewichts-Temperatur des Systems Erde/Atmosphäre.

Die Annahme von Netto-Strahlung an der Erdoberfläche ist zulässig, wenn wir, neben der Oberfläche als Emittent, das Vorhandensein einiger Quellen in der Atmosphäre zugrunde legen, die Wärmestrahlung nach unten emittieren, wie Wolken, infrarot-aktive Gase oder vielleicht einen Teil der Sonnenstrahlung, der in der Atmosphäre absorbiert wird. Jedoch ist es nicht gestattet, sich nur auf Strahlungsprozesse zu beschränken und die konvektiven Rückströme zu vergessen: Niederschlag oder den abgekühlten sensiblen Wärmefluss. Die traditionelle Klimatologie benutzt das mathematische Konstrukt einer Gegenstrahlung, um künstlich ein Strahlungsgleichgewicht mit der Insolation

an der Oberfläche zu erzwingen. Wenn man eine atmosphärische Gegenstrahlung fordert, die von infrarot-aktiven Bestandteilen mit im Mittel 324 W/m^2 herrührt – ungefähr zweimal dem Betrag der Insolation! – ist es möglich, einen Brutto-Strahlungsfluss von 390 W/m^2 von der Oberfläche in Ansatz zu bringen. Auf Grundlage des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes ist eine Oberflächentemperatur von 288 K mit dieser Wärmestrahlung assoziiert. Bei dieser Betrachtung würden wir Gründe für eine höhere Temperatur an der Erdoberfläche im Vergleich zur Strahlungstemperatur des Systems Erde/Atmosphäre erhalten. Die Differenz zwischen diesen Temperaturen wird „natürlicher Treibhauseffekt“ genannt, der vorwiegend aus Treibhausgasen wie Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid herrührt. ...

Weiterhin müssen die oben erwähnten konvektiven Rückflüsse vom Gegenstrahlungswert von 324 W/m^2 wegen des Energieerhaltungssatzes subtrahiert werden. Damit gibt es tatsächlich kein Strahlungsgleichgewicht an der Erdoberfläche.

Die Energiebilanz an der Erdoberfläche, die seitens des IPCC präsentiert wird, beinhaltet eine mathematische Addition der Intensitäten sowohl der Sonnenstrahlung als auch der atmosphärischen Gegenstrahlung – als ob diese Werte von der gleichen Qualität wären. Aber die atmosphärische Gegenstrahlung repräsentiert ein Oberflächenphänomen, während die Sonnenstrahlung mit einem „Effekt in die Tiefe“ im Absorptionsmaterial verbunden ist – trotz vergleichbarer Energiezufuhr. Sonnenstrahlung dominiert im sichtbaren und nahen infraroten Bereich; eine erdgebundene Wärmestrahlung dominiert im mittleren infraroten Bereich. Es gibt einen substantiellen Unterschied bezüglich der Umwandlung von Wärme an der Oberfläche. Atmosphärische Gegenstrahlung kann direkt mit Strahlungsemissionen von der Oberfläche verrechnet werden, während die Oberfläche selbst durch die absorbierte Sonnenstrahlung erwärmt wird – mittels Wärmeleitung aus der Tiefe. Auch die konvektiven Rückströme sind, wie die radiativen, Oberflächenphänomene. Sie tragen auch unmittelbar zur Kompensation der abgehenden Strahlung bei.

2. Atmosphäreneffekt

Jelbring schlug vor, den bekannten Temperaturgradienten, der in der Atmosphäre durch die Gravitation entsteht, als Grundlage für ein neues Verständnis des „Treibhauseffekts“ zu nehmen. Die trocken-adiabatische Temperatursenkungsrate beträgt $-g/c_p$, wobei g die Gravitationskonstante und c_p die isobare spezifische Wärmekapazität ist.

...Das einzige Erfordernis ist, dass die Gase als ideale Gase angesehen werden können. Die Temperatursenkungsrate repräsentiert den „natürlichen Treibhauseffekt“, wenn man die Strahlungshöhe kennt. Dieses Modell stimmt genügend gut mit realistischen Bedingungen auf der Erde überein, wenn man das Wasser mit seinen möglichen Phasenänderungen in Betracht zieht („pseudo-adiabatische Temperatursenkungsrate“): $-0,0070 \text{ K/m}$.

Im Folgenden wird eine Globaltemperatur von 287 K angenommen, die so genau wie möglich aus einer Vielzahl von Einzelmesspunkten über die gesamte Welt bestimmt wird. Mit der Temperaturdifferenz an der Oberfläche und dem Strahlungsgleichgewicht von 32 K erhält man durch Division durch diese Temperatursenkungsrate eine mittlere Abstrahlungshöhe von $4,6 \text{ km}$.

Die charakteristische Temperatur von 32 K könnte als „Atmosphäreneffekt“ bezeichnet werden, da sie unabhängig von Strahlung, andererseits aber mit der Wirkung der Gravitation auf die Atmosphärenmasse verknüpft ist. Dieser Atmosphäreneffekt hat nichts zu tun mit dem bekannten

„Glashauseffekt“; dieser wird durch die Wände und die Abdeckung des Glashauses (oder durch die geschlossenen Fenster und Türen eines in der Sonne geparkten Autos) verursacht, indem die sensible und latente Wärme vom Boden behindert wird. Ein solcher Glashauseffekt kann auch in Bezug auf das Erdklima beobachtet werden, indem die konvektiven Aufwärtsströme durch Wolken unterbrochen werden oder vielleicht auch infolge einer partiellen Strahlungsreflexion durch Wolken.

3. Klimabedingung

... Wegen der radiativen Bestandteile in der Atmosphäre wird eine beständige Wettbewerbssituation zwischen den Wärmeübergangsprozessen Stoß und Strahlung hervorgerufen. Daher kann die Atmosphäre als Ursprung der Wärmestrahlung im System Erde/Atmosphäre angesehen werden. Gleichzeitig steigt kalte Luft ab und wird wieder aufgewärmt. Folglich wird das Erdklima durch eine Kombination von einem Materiekreislauf (Luft und Wasserdampf/Wasser) und einem Energiefluss von unten in den Weltraum gekennzeichnet.

Um die Stabilität der Temperaturschichtung in der Troposphäre zu gewährleisten, ist es erforderlich, dass im Mittel derselbe Wärmeenergieeintrag von der Oberfläche in die Atmosphäre (unter Beachtung der transformierten Sonnenenergie, die direkt in der Atmosphäre absorbiert wird) erfolgt, wie er in den Weltraum abgestrahlt wird. Das bedingt ein nahezu konstantes Verhältnis zwischen Insolation (unter Beachtung der Erdalbedo) einerseits und der Atmosphärenmasse unter Gravitation andererseits. Das kann als „Klimabedingung“ bezeichnet werden. Praktisch ist das gleichbedeutend damit, der globalen Oberflächentemperatur und der Temperatur der unteren Atmosphärenschicht eine bestimmte Gleichheit zuzuordnen. Jede signifikante Störung dieser Gleichheit führt zu einem Klimawechsel. Wasser auf der Erde spielt eine entscheidende Rolle in diesem Zusammenhang. Kleinere Veränderungen in der Insolation oder Kurzzeit-Veränderungen werden geglättet und korrigiert auf Grund der hohen spezifischen Wärmekapazität von Wasser. Größere oder langdauernde Veränderungen können, in Verbindung mit einer Aggregatzustandsänderung von Wasser, zu ausgesprochen „kalt/trockenen“ und „warm/feuchten“ Klimaperioden (verbunden auch mit den notwendigen Druckänderungen) führen, wie sie zum Beispiel im Eiszeitalter beobachtet wurden.

Augenscheinlich haben die Menschen in den globalen Wasserkreislauf auf der Erde infolge ihrer Wirtschaftstätigkeit seit etwa 10 000 Jahren eingegriffen, so dass das nachteilige Eiszeitalter beendet und eine klimatische Vergleichmäßigung initiiert wurde – verursacht durch die Entwicklung menschlicher Siedlungen, verbunden mit einer großräumigen Entwaldung und, später, Industrialisierung mit einer extensiven Nutzung von fossilen Brennstoffen.

In diesem Artikel erhalten die infrarot-sensitiven Bestandteile in der Atmosphäre eine neue Bedeutung: vor allem Kühlung.

Es ist offensichtlich, dass die Wärmestrahlung des Systems Erde/Atmosphäre bei unterschiedlichen Höhen erfolgt. Damit sind unterschiedliche Temperaturen verbunden. Zum Beispiel kann die oben errechnete charakteristische Höhe von 4.6 km mit Wolken, jedoch auch (und immer) mit Wasserdampf verbunden werden. Die Erdoberfläche nimmt auch direkt an der Wärmeabstrahlung in den Weltraum teil, jedoch nur weniger als 10%. Kohlenstoffdioxid emittiert vom oberen Ende der Troposphäre. Alle Strahlungsregionen können Planck-Kurven zugeordnet werden. Wenn man alle Strahlungsregionen zusammennimmt, überstreichen sie das volle Infrarot-Spektrum von etwa 6 bis 25 μm . Ein Beobachter außerhalb der Atmosphäre, der sich mit konstanter Geschwindigkeit, jedoch

nicht synchron zur Erdumdrehung, in einem Orbit, der beide Pole umfasst, bewegt, würde eine Planck-nahe Emission des Systems Erde/Atmosphäre aus einem Temperaturregime von etwa 255 K messen.

4. Zusammenfassung und Vergleich mit der Venus

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Klima auf der Erde (mit einer Atmosphäre, die durch das Vorhandensein von infrarot-aktiven Strukturen wie Wolken und besonders Wasserdampf gekennzeichnet ist) bestimmt wird durch das stabile Wechselspiel der Gravitation in der Atmosphäre und der Insolation an der Erdoberfläche, die beide Atmosphärenschichten von abnehmender Dichte bei zunehmender Höhe schaffen, und einen adiabatischen Aufwärtstransport von Gas. Zusätzlich wird das Klima bestimmt durch die Fähigkeit der geschichteten Atmosphäre, auf Grund von Stößen und Strahlung eine Strahlungsregion in der Troposphäre mit einer Strahlungstemperatur von 255 K auszubilden, von der aus das System Erde/Atmosphäre Wärmestrahlung in den Weltraum abgibt und damit den Energieinput in die Atmosphäre und in die Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlung kompensiert. Das Erdklima wird demzufolge durch die Temperaturen 255 und 287 K charakterisiert.

Die Erdatmosphäre soll kurz mit der der Venus verglichen werden. Die Schwarzkörper-Strahlungstemperatur der Venus beträgt 231.7 K und der Druck am Boden ist 92 500 hPa. Unter Verwendung der Ergebnisse der europäischen Sonde *Venus Express* wird eine Temperatursenkungsrate von etwa 0.0083 K/m gemessen. Mit dieser Temperatursenkungsrate und unter der Annahme, dass Wolken in einer Höhe von ungefähr 60 km Ursprung der von der Venus abgehenden Wärmestrahlung sind, führt eine einfache Multiplikation zu einem Atmosphären effekt von grob 500 K. Ohne irgendwelche Strahlungsgesetze im Zusammenhang mit der CO₂-dominierten Venusatmosphäre in Betracht zu ziehen, gleicht das einer Oberflächentemperatur von etwa 730 K. Natürlich bedeutet das Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre, dass damit die Venus ebenfalls ein Atmosphären element besitzt, das, in Addition zu den Wolken, Wärme abstrahlen kann. Jedoch Wasser fehlt fast völlig, sowohl an der Oberfläche und wahrscheinlich auch in der Atmosphäre. Die Idee eines galoppierenden Treibhauseffekts, der von einer hohen Konzentration von Kohlenstoffdioxid verursacht wird und fähig ist, komplette Ozeane zu verdampfen, kann man vergessen, jedoch kann man nicht Gleiches über eine „realen“ kontinuierlichen Glashauseffekt sagen, der durch die Unterbrechung eines konvektiven Aufwärtsstroms oder durch Reflexion an der sehr dichten Schwefelwolkenbedeckung in einer Höhe von etwa 60 km hervorgerufen wird. Eine geschlossene Wolkendecke und nicht das Kohlenstoffdioxid macht Venus zu einem perfekten planetaren Glashaus. Derselbe Effekt kann an der Erde beobachtet werden, aber er ist wegen der geringen und sehr unterschiedlich strukturierten Wolkendecke im Vergleich zur Venus schwach.

Wenn wir das Kohlenstoffdioxid aus der Venusatmosphäre auswaschen würden – analog zur Frühzeit der Erde – würden wir eine reine Stickstoffatmosphäre mit einem deutlich niedrigeren Druck und einer deutlich niedrigeren Temperatur erhalten. Wir würden damit Bedingungen in der Venusatmosphäre erhalten, die wesentlich dichter an der Erdatmosphäre lägen – anstelle der heutigen Bedingungen, die absolut lebensfeindlich sind; vorausgesetzt, dass alle anderen Umstände vergleichbar blieben.

Klima ist natürlich nicht konstant. Klimaänderungen werden auf der Erde vor allem durch Änderungen der Intensität der Sonnenstrahlung (der Solar“konstanten“) hervorgerufen, aber auch durch Änderungen der Albedo und des Wasser-/Wolken-Gehalts der Atmosphäre, wogegen Gravitation und Atmosphärenmasse als konstant angesehen werden können. Feuchte, einschließlich

Wolkenbildung, ist der einzige Faktor, der bis zu einem gewissen Grad durch Menschen beeinflusst werden kann.