

## **Erwiderung zum Kommentar #14 von Gerhard Kramm (GK)<sup>1)</sup> auf den Artikel von Lüdecke/Link (LL) bei EIKE mit dem Titel „Widerlegt die Arbeit von Kramm und Dlugi (KD) den Treibhauseffekt des anthropogenen CO<sub>2</sub>?“**

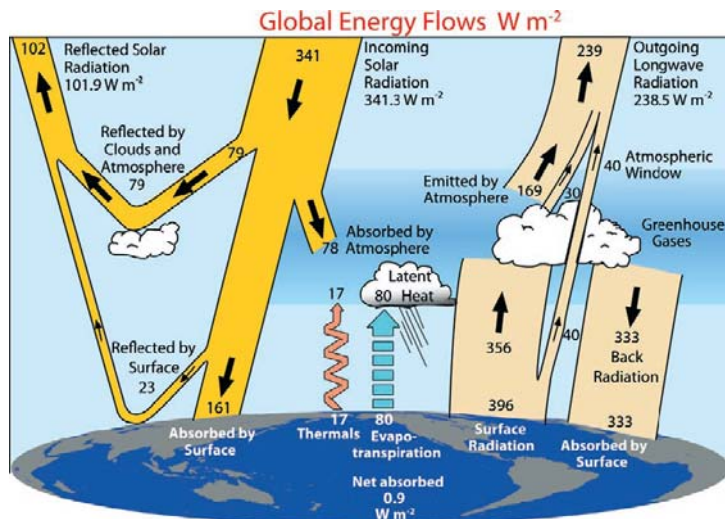
Vermutlich durch die knappe Darstellung unserer ersten Widerlegung der Arbeit von KD sind Missverständnisse entstanden. Mit der hier wesentlich umfangreicheren und detaillierteren Ausarbeitung und Ergänzung unserer Widerlegung wollen wir dieses Versäumnis berichtigen und denken dabei insbesondere auch an Drittleser, denen damit ein leichteres Nachvollziehen des Für- und Wider dieser Fachdiskussion ermöglicht werden soll. Selbst für einen physikalisch gebildeten Naturwissenschaftler ist der hohe Theorieanteil der Arbeit von KD auf den ersten Blick etwas abschreckend. Man stellt allerdings nach relativ kurzem Einlesen fest, dass die sich aus den z.Teil längeren Rechnungen ergebenden Gleichungen leicht verständlich sind. Insbesondere die hier angesprochenen und unserer Kritik unterzogenen Stellen gehören zu den auch für Nichtphysiker leicht verständlichen Passagen.

Angesichts der zahlreichen Fehlinterpretationen und zum Teil grob falschen Vorstellungen vieler Laien-Kommentatoren dieser EIKE-News (es gäbe keine Gegenstrahlung, der 2. Hauptsatz würde verletzt,.....) sei darauf hingewiesen, dass KD sehr wohl den Begriff der Gegenstrahlung verwenden und sie in ihren Energiebilanzgleichungen als maßgebenden Beitrag einbauen. Gegenstrahlung wird in der Arbeit von KD als „downwelling infrared radiation“ bezeichnet. So schreiben KD zutreffend auf S. 144 rechte Spalte oben „The component that is radiated downward warms the Earth’s surface more than would occur if only the direct sunlight were absorbed“. Die Konzepte, wie sie von Vorgängerautoren bei der Modellierung des TE eingeführt wurden, werden auch von KD verwendet, aber – und das ist neu in der Arbeit von KD - durch die bislang nicht berücksichtigte latente und sensible Wärme, sowie den von der Erdatmosphäre direkt absorbierten Strahlungsanteil ergänzt. Dieser Ansatz wird von uns nicht kritisiert, wir halten ihn im Gegenteil für einen sinnvollen und richtigen Weg.

Im Folgenden werden die Kommentare der Widerlegung von LL und die Entgegnung von Kramm (GK) noch einmal wörtlich zitiert und gegenübergestellt und die daraufhin erfolgten Argumente von Lüdecke/Link (ELL) im Detail dargelegt.

Für die Diskussion sei hier noch einmal das Energie- und Strahlungsbilanzschema von Trenberth wiedergegeben (siehe auch KD Abbildung (3))

*1) Dr. Gerhard Kramm ist Research Associate Professor an der University Alaska Fairbanks, USA, Geophysical Institute, Atmospheric Science Group*



**Punkt 1)**

LL:

In Glg. (64) ist ihnen (KD) dabei ein Fehler unterlaufen. Der erste Term muss heißen  $A_a \cdot S/4$  anstatt  $(1 - \alpha) \cdot S/4$ . Dieser Fehler hat jedoch keinen Einfluss auf die Ergebnisse, so dass hier wohl nur ein Übertragungs- (Druck-) Fehler vorliegt.

GK:

*Sie behaupten z.B., dass die Gl. (64) bei Kramm & Dlugi (2010) falsch sei. Selbstverstaendlich ist diese Gleichung korrekt.*

ELL:

GK hat Recht, wir haben uns durch den folgenden Vorzeichenfehler zwischen den Gleichungen (64) und (A22) in der Arbeit von KD irritieren lassen.

$$(1 - \alpha_E) \cdot S / 4 - \epsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - (1 - \epsilon_a) \cdot \epsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4 = 0 \tag{64}$$

$$0 = (1 - \alpha_E) \cdot S / 4 + \epsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - (1 - \epsilon_a) \cdot \epsilon_E \cdot \sigma \cdot T_S^4 \tag{A22}$$

Allerdings hat dieser Fehler keinen Einfluss auf die Rechnungen. Wir bitten unser Versehen zu entschuldigen!

**Punkt 2)**

LL:

Die Autoren Kramm und Dlugi und zeigen in Kapitel 3.3 an Hand des Gauss'schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes, dass der zusätzliche anthropogene Treibhauseffekt durch CO<sub>2</sub> von 1,6 W/m<sup>2</sup> über einen Faktor 6 kleiner ist als die Gesamtmessfehler der zuvor genannten Strahlungsflüsse für den bisherigen natürlichen Treibhauseffekt. Was die Autoren damit sagen wollen, wird nicht weiter ausgeführt. Auf jeden Fall kann dies nicht bedeuten, dass man den anthropogenen Treibhauseffekt

nicht messen kann. Denn ganz unabhängig von den beobachteten Strahlungsflüssen setzt die anthropogen verursachte Temperaturerhöhung auf einer mit wesentlich geringerem Fehler gemessenen Temperatur im vergangenen Jahrhundert auf.

GK:

*Sie behaupten man koenne den anthropogenen Treibhauseffekt von im Mittel  $1,6 \text{ W/m}^2$  fuer die Zeitspanne von 1750 bis 2005 messen. Wissen Sie eigentlich noch, was Sie schreiben? Es ist selbst heute mit hochempfindlichen Sensoren immens schwierig generell einen Unterschied in der Strahlungsleistung von weniger als  $2 \text{ W/m}^2$  messtechnisch nachzuweisen. Zudem gab es um 1750 noch keine Pyrgeometer. Dieser Betrag von  $1,6 \text{ W/m}^2$  beruht also nicht auf Messungen, sondern, was man auch in den IPCC-Reports nachlesen kann, auf Berechnungen.*

ELL:

LL haben nicht behauptet, dass man die  $1,6 \text{ W/m}^2$  gemessen hat, oder sie messen kann, sondern dass ein durch anthropogene Emissionen von  $\text{CO}_2$  hervorgerufener (wenn auch sehr kleiner) Einfluss auf eine Temperaturerhöhung beobachtet werden kann, auch wenn die einzelnen Strahlungsflüsse nur mit wesentlich größeren Fehlern als  $1,6 \text{ W/m}^2$  bestimmt werden können. In einem Zimmer kann man die Strahlungsflüsse aus allen Richtungen und eine etwaige Erhöhung der Strahlung durch Heizleistung nicht sehr genau messen, die Änderung in der Zimmertemperatur aber sehr wohl.

### **Punkt 3)**

LL:

In Kapitel 6 besprechen die Autoren (KD) ihr 2-Schichten-Energie-Bilanz-Modell unter Einbeziehen der sensiblen und latenten Wärme und der Absorption der kurzwelligigen solaren Strahlung in der Atmosphäre. Dabei fällt auf, dass sensible und latente Wärme über den ganzen Temperaturbereich, für den KD Werte berechnen, die für eine gemittelte globale Temperatur von 288 K (Trenberth et al.) bestimmte Summe von  $97 \text{ W/m}^2$  ( $H=17 \text{ W/m}^2$  und  $E=80 \text{ W/m}^2$ , also zs.  $97 \text{ W/m}^2$ ) in ihre Gleichungen einsetzen.

Diese Annahme ist physikalisch falsch, denn bei tieferen Temperaturen nehmen sensible und latente Wärme wesentlich niedrigere Werte an, z. B. gehen beide gegen Null, wenn sich die Oberflächentemperaturen der Erde dem Gefrierpunkt nähern oder noch darunter fallen. KD rechnen dagegen bis hin zu Oberflächentemperaturen von 245 K (=  $-28 \text{ }^\circ\text{C}$ ) mit  $97 \text{ W/m}^2$  (s. Fig. 15). Die Änderung der sensiblen und latenten Wärme mit der Temperatur muss bei einer korrekten Berechnung berücksichtigt werden.

GK:

*Wenn Sie und Link keine Ahnung haben, was die Fluesse von sensibler und latenter Waerme bewirken, dann ist das Ihr Problem, nicht das von*

*Kramm und Dlugi. Wir haben die Fluesse von trenberth et al. (2009) uebernommen. Wir haetten auch die Ergebnisse von weiteren 14 anderen Arbeiten zur Bilanzierung der Energiefluesse im System Erde-Atmosphaere heranziehen koennen. Zu behaupten, dass man diese Fluesse nicht verwenden kann, weil damit sich Temperaturen rechnerisch ergeben, die unhaltbar sind, ist wohl die duemmste Form der Argumentation. Diese Fluesse existieren und sind auch in ein Energieflussschema fuer die Erdoberflaeche einzubeziehen. Dass sich damit Temperaturen ergeben, die in der Naehе von 255 K liegen, belegt nur, dass es sich im repraesentative Temperaturen fuer die gesamte Atmosphaere bzw. der Deckschicht des Aquaplaneten, wie von Schneider und Mass (1975) betrachtet. Das wird gerade durch die Herleitung der zeitabhaengigen Bilanzgleichungen belegt, die im Anhang der Arbeit von Kramm & Dlugi (2010) zu finden sind.*

ELL:

Was GK erwidert, hat niemand behauptet. Die Aussage von LL ist, dass man die von Trenberth bestimmten und von KD benutzten Werte von  $17 \text{ W/m}^2$  für die gefühlte und  $80 \text{ W/m}^2$  für die latente Wärme natürlich verwenden kann und sogar muss, allerdings nur für die zugehörige mittlere Temperatur von 288 K.

Man darf aber die latente und gefühlte Wärme nicht in allen Rechnungen konstant lassen. Die von GK gezeigten Ergebnisse in Fig. 15 weisen einen sehr großen Temperaturspielraum aus, wobei Erdtemperaturen bis  $245 \text{ K} = -28^\circ\text{C}$  vorkommen. Wenn man für solche Temperaturen immer noch mit latenter und „gefühlter“ Wärme von  $288 \text{ K} = 15^\circ\text{C}$  rechnet, hat man kein „Gefühl“ mehr für Physik. Latente und gefühlte Wärme werden erheblich kleiner, die latente Wärme geht sogar gegen Null, wenn die global gemittelte Erdtemperatur gegen  $0^\circ\text{C}$  geht. Dies in den Rechnungen nicht zu berücksichtigen, wie bei KD erfolgt, ist unphysikalisch (sogar für theoretische Physiker).

#### **Punkt 4)**

LL:

Den größten Fehler in ihrem Modell, das zwar die Absorption der kurzwelligen Solarstrahlung in der Atmosphäre und die sensible sowie latente Wärme berücksichtigt, machen Kramm und Dlugi jedoch dadurch, dass sie die direkte langwellige Abstrahlung von der Erdoberfläche in den Weltraum in folgenden Gleichungen ihrer Arbeit nicht berücksichtigen - Glg.(69), (70), (71), A(17), A(18), A(21) und A(22). Erst mit dieser Auslassung erhält man die in Abbildung (15) auf Seite 154 angegebenen Werte für die Oberflächentemperatur der Erde von z. B.  $T_E=268 \text{ K}$  und  $T_a=255 \text{ K}$  bei  $A_a=0,25$  (Absorptionskoeffizient der kurzwelligen Solarstrahlung in der Atmosphäre) und den Emissionskoeffizienten  $\epsilon_a=\epsilon_E=1$ , die infolgedessen mit den realistischen empirischen Werten nicht übereinstimmen können. Für die Temperatur der Atmosphäre erhalten sie  $T_a=255 \text{ K}$  (s. Fig. 15), unabhängig von  $A_a$ , was physikalisch ebenfalls nicht zu erklären ist.

Nimmt man dagegen die direkte langwellige Abstrahlung von der Erdoberfläche in den Weltraum (d.s.  $40 \text{ W/m}^2$ , also ca. 10% der gesamten langwelligen Abstrahlung der Erdoberfläche von  $396 \text{ W/m}^2$ ) in ein eindimensionales Modell mit auf, so stimmen die Ergebnisse mit den realistischen empirischen Werten überein, im Gegensatz zur Behauptung von Kramm und Dlugi.

GK:

*Es ist ja schon eine grosse Unverschämtheit zu behaupten, Kramm und Dlugi (2010) hätten in den Gln. (69), (70), (71), A(17), A(18), A(21) und A(22) die direkte langwellige Abstrahlung von der Erdoberfläche in den Weltraum nicht berücksichtigt. Ist diese Aussage boesartig gemeint oder sind Sie und Link nicht in der Lage Gleichungen nachzuvollziehen? Selbstverstaendlich ist die direkte Abstrahlung enthalten. Es wird sogar nachdruecklich darauf hingewiesen. Auf Seite 152 der Arbeit von Kramm & Dlugi (2010) heisst es dazu;*

*Furthermore, the term  $(1 - \epsilon_a) \epsilon_E \sigma T_E^4$  is the terrestrial radiation that is propagating through the atmosphere (it also includes the terrestrial radiation that is passing through the atmospheric window).*

ELL:

Unsere Aussage war vielleicht missverständlich formuliert. GD haben natürlich versucht, die direkte Abstrahlung der langwelligen Strahlung von der Erdoberfläche durch den Term

$$(1 - \epsilon_a) \cdot \epsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4$$

zu berücksichtigen (KD Seite 152, Seite 157 Gleichung (A18)). Das ist jedoch ein völlig unzureichender Ansatz, denn für  $\epsilon_a = 1$  verschwindet dieser Term

$$(1 - 1) \cdot \epsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4 = 0$$

Dies ist auch aus Gleichung (64) für den Oberrand der Atmosphäre ersichtlich (Seite 151 von KD)

$$(1 - \alpha_E) \cdot S / 4 - \epsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - (1 - \epsilon_a) \cdot \epsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4 = 0 \quad (64)$$

Bei KD verschwindet der Term  $(1 - \epsilon_a) \cdot \epsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4 = 0$  für  $\epsilon_a = 1$ , der die direkte langwellige Abstrahlung von der Erdoberfläche in den Weltraum beschreibt. Nun mag man einwenden, dass für  $\epsilon_a = 1$  per definitionem die gesamte Abstrahlung von der Erdoberfläche in der Atmosphäre verbleiben muss. Das gilt allerdings nur für den Wellenlängenbereich der

Absorptionsbanden der Treibhausgase. Das Fenster für infrarote Abstrahlung von der Erdoberfläche außerhalb der Absorptionsbanden der Treibhausgase ist immer offen. Ein Modell ist unphysikalisch, wenn es diese Tatsache nicht berücksichtigt.

Der von KD gemachte Fehler manifestiert sich in Fig. 15. Wie im rechten Kasten zur Fig. 15 ersichtlich, werden hier u.a. Werte  $\varepsilon_a = 1$  verwendet. Da hierfür, wie oben gezeigt, die langwellige direkte Abstrahlung verschwindet, muss der Ansatz von KD

$$(1 - \varepsilon_a) \cdot \varepsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4$$

zwangsweise zu unphysikalischen Ergebnissen führen. Generell kann der Ansatz von KD nur für ein bestimmtes  $\varepsilon_a$  gültig sein. Für alle anderen Werte von  $\varepsilon_a$  wird er zunehmend unrichtiger – je weiter sich das verwendete  $\varepsilon_a$  vom ursprünglichen, zum verwendeten Ansatz gehörenden Wert von  $\varepsilon_a$  entfernt.

### Zusatzpunkte – in der ersten Widerlegung nicht enthalten

LL:

Wir möchten zusätzlich zu unserer ersten Widerlegung noch auf einen weiteren schwerwiegenden Mangel der Arbeit von KD hinweisen. Im Modell von KD (siehe Seite 157 Gleichungen A18 bis A22) werden für die Abstrahlung vom oberen Rand der Atmosphäre und für die Rückstrahlung aus der unteren Troposphäre die gleiche Temperatur  $T_a$  und die gleiche Emissivität  $\varepsilon_a$  eingesetzt ( $\varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4$ ). Dies erfolgt für den Oberrand der Atmosphäre in Glg. (64) im zweiten Term

$$(1 - \alpha_E) \cdot S / 4 - \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - (1 - \varepsilon_a) \cdot \varepsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4 = 0 \quad (64)$$

und für den Erdboden in Glg.(65) ebenfalls im zweiten Term

$$(1 - \alpha_E - A_a) \cdot S / 4 + \varepsilon_E \cdot \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot T_a^4 - \varepsilon_E \cdot \sigma \cdot T_E^4 = 0 \quad (65)$$

Diese Modellierung ist, wie man bereits aus den Energie- und Strahlungsbilanzen von Trenberth (GD Seite 142, Fig. 3) entnehmen kann, unphysikalisch. Die langwellige Abstrahlung vom Rand der Atmosphäre beträgt  $195 \text{ W/m}^2$ , die Rückstrahlung aus der Atmosphäre  $333 \text{ W/m}^2$ . Bei so hohen Energieflussdifferenzen darf selbstredend nicht mit gleicher Emissivität und Temperatur gerechnet werden.

Schlussendlich erscheint uns auch der von KD verwendete Ansatz, die Abstrahlung aus der Atmosphäre mit dem Modell des grauen Strahlers zu

approximieren, als fragwürdig. Gase als „graue Strahler“ sind eine sehr grobe Vereinfachung – Gase sind vielmehr selektive Strahler (s. Baehr, Stephan: Wärme- und Stoffübertragung, 7. Auflage, Springer). Es entzieht sich unserer Kenntnis, wie sehr sich diese Vereinfachung auf die von KD mitgeteilten Ergebnisse auswirken. Eine nähere Untersuchung auch dieses Problempunkts in der Arbeit von KD wäre wünschenswert.

Wir (LL) bleiben infolgedessen bei unserem Fazit:

**Fazit:**

Infolge der hier aufgezeigten Fehler wird eine Revision der Arbeit von Kramm und Dlugi zwingend erforderlich. Die bisherige Fassung der Arbeit bietet nach unserer Auffassung, die wir oben im Detail belegt haben, keine überzeugende Argumentation dafür, dass das Résumé der Autoren (KD), *keinen Anhaltspunkt für die Existenz des so genannten atmosphärischen Treibhaus-Effektes aufzufinden*, vertretbar ist. Es ist nicht unsere Aufgabe zu ermitteln, welche Ergebnisse sich mit den erforderlichen Korrekturen ergeben würden. Wir wären aber an den Ergebnissen einer solchen Korrektur interessiert.

Dr. Rainer Link  
Prof. Dr. Horst Lüdecke