

Der Wärmetransport durch die Atmosphäre

Gegenstand:

Die Atmosphäre ist für Sonnenlicht fast vollständig durchlässig. Sonnenlicht wird daher nicht von der Atmosphäre, sondern fast nur von der Erdoberfläche absorbiert. Für das von der Erde emittierte Infrarotlicht dagegen ist die Atmosphäre fast vollständig undurchlässig. Die Infrarotstrahlung, die (vom Weltraum aus gesehen) von der Erde kommt, wird erst in größerer Höhe von der Luft der Atmosphäre emittiert. Die entsprechende Energie gelangt von der Erdoberfläche bis in diese "Emissionshöhe" auf Grund verschiedener Mechanismen, die man mit Hilfe von Energieflussbildern darzustellen pflegt, Abb. 1. Es fällt auf, dass zwischen Atmosphäre und Erdoberfläche zwei Strahlungsenergieströme fließen, deren Beträge größer sind als der von der Sonne kommende Energiestrom.

Mängel:

Eine Darstellung wie die von Bild 1 suggeriert, dass der wichtigste Transportmechanismus der Wärme von der Erdoberfläche in die obere Troposphäre die Strahlung ist. Die entsprechenden Flusspfeile sind die breitesten, und die Energiestromdichtewerte sind die größten. Auch der Text, mit dem solche Bilder beschrieben werden, unterstützt diesen Eindruck.

Die Darstellung täuscht aber. Der Nettostrahlungsenergiefluss von der Erde zur oberen Troposphäre ergibt sich aus Abb. 1, wenn man die beiden breiten Flüsse addiert. Als Ergebnis erhält man 8 % des von der Erde absorbierten Energiestroms. Das entsprechende Energieflussbild zeigt Abb. 2. Man sieht jetzt, dass nicht die Strahlung, sondern die Konvektion der dominante Transportmechanismus ist, ja dass man für eine gröbere Betrachtung die Strahlung sogar ganz außer Betracht lassen kann.

Man mag geneigt sein, die Darstellung von Abb. 1 mit dem Argument zu verteidigen, sie enthalte doch mehr Information als Abb. 2. Nun ist diese Information hier aber nicht gefragt, und sie führt, wie die Erfahrung zeigt, manch einen Schüler oder Studenten in die Irre.

Tatsächlich kann man auch jeden anderen Strom in Komponenten zerlegen, und das sogar auf unendlich viele Arten. So kann man die ruhende Luft in einem Zimmer in Gedanken in zwei Hälften zerlegen. Die eine Hälfte besteht aus den Molekülen, die sich gerade nach rechts bewegen, die andere aus denen, die sich nach links bewegen. So entstehen zwei sehr große, gegeneinander laufende Luftströme. Ähnlich könnte man verfahren mit den Elektronen in einem stromlosen elektrischen Leiter: Es entstehen zwei sehr starke, gegeneinander laufende elektrische Ströme. Auch die Horizontalkomponente der thermischen Infrarotstrahlung in der Atmosphäre kann man auf diese Art zerlegen.

Noch ein Beispiel, das dem vertikalen Strahlungsfluss durch die Atmosphäre besonders gut entspricht: Der Wärmestrom in einem Festkörper, etwa einem Kupferstab, der am einen Ende geheizt und am anderen gekühlt wird. Was in der Atmosphäre die Photonen, sind im Kupferstab die Phononen. Was in der Atmosphäre die Lichtgeschwindigkeit, ist im Kupferstab die Schallgeschwindigkeit. Niemand käme hier auf den Gedanken, den Wärmestrom in zwei gegeneinander laufende Phononenströme zu zerlegen, wenn es lediglich darum geht, die Wärmebilanz des Kupferstabes aufzustellen.

Natürlich ist keine der beiden Beschreibungen – die mit dem Nettostrom und die mit den Teilströmen – falsch. Nur ist die mit den Teilströmen eben erstens komplizierter, und zweitens irreführend.

Herkunft:

Wahrscheinlich die Tatsache, dass sich die Teilenergieströme bequem messen lassen, die Nettostromstärke aber nicht.

Entsorgung:

Man stelle die Energieflüsse in der Atmosphäre durch die unzerlegte Energiestromdichte dar. Diese Größe hat in jedem Punkt eines Strahlungsfeldes einen einzigen eindeutigen Wert. Es wird dann klar, dass der dominante Wärmetransportmechanismus durch die untere Atmosphäre die Konvektion ist.

F. H.

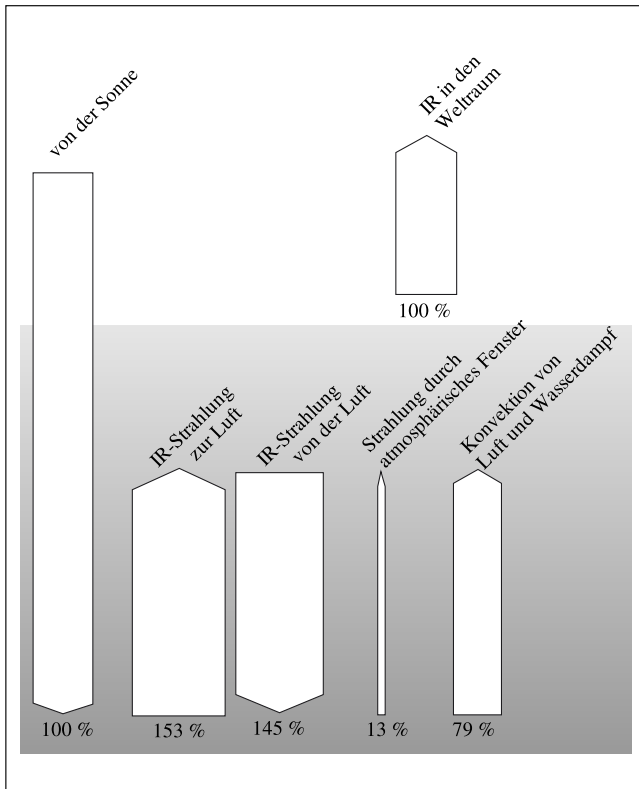


Abb. 1

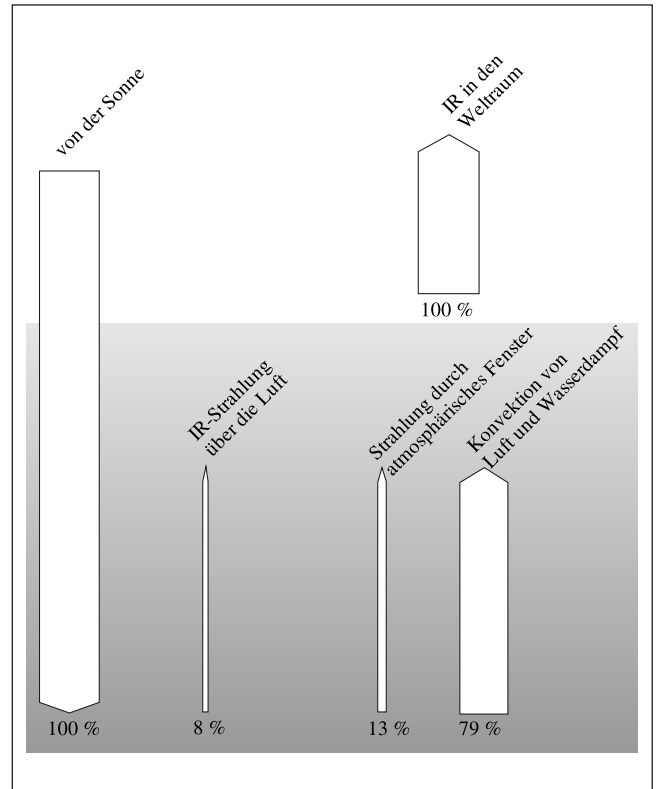


Abb. 2