

Adiabatische Erreichbarkeit und Treibhauseffekt

geschrieben von Admin | 7. August 2026

Dr. Konrad Voge

Vorgänge in der Atmosphäre sind thermodynamische Vorgänge. In der Öffentlichkeit wird behauptet, dass menschliche Aktivität eine wesentliche Temperaturerhöhung in der Atmosphäre global gesehen bewirkt. Ursache sollen ein „Treibhauseffekt“, verursacht durch „Treibhausgase“ und „Rückstrahlung“ sein. Im Folgenden wird untersucht, ob diese Erscheinungen mit den Grundsätzen der Thermodynamik vereinbar sind. Es werden hier keine Berechnungen vorgenommen, sondern die thermodynamischen Prozesse dargestellt. Somit entfällt die Diskussion globaler Größen wie z.B. die nichtexistierende globale Temperatur, auf der die gesamte Treibhauslehre aufgebaut ist.

Fundament der Thermodynamik

Die Physiker Elliot Lieb und Jakob Yngvason veröffentlichten 1999 die Theorie der adiabatischen Erreichbarkeit. Demnach bilden *Gleichgewichtszustand* und *adiabatische Erreichbarkeit* die Basis der Thermodynamik, auf denen die Entropie fußt. Aus der Entropie werden wiederum die Begriffe Temperatur, Wärme, Irreversibilität und Reversibilität abgeleitet. Gleichgewichtszustand und adiabatische Erreichbarkeit sind demnach nicht reduzierbare Grundbegriffe der Thermodynamik.

Grundlagen

Adiabatische Erreichbarkeit (Definition)

Die adiabatische Erreichbarkeit ist eine Ordnungsrelation) zwischen den Gleichgewichtszuständen X , Y , Z eines thermodynamischen Systems (mathematische Formulierung) [1]. Es existiert noch eine physikalische Definition, die z.B. bei Wikipedia nachgelesen werden kann.

Temperaturgradient

Der Atmosphärische Temperaturgradient beschreibt die vertikale Temperaturänderung in der Erdatmosphäre. In der Troposphäre nimmt die Temperatur im Mittel um ca. $0,65\text{ °C}$ pro 100 m ab. Die Größe ist abhängig vom Feuchtegehalt der Luft. Es genügt aber hier zu wissen, dass ein Temperaturgradient existiert, abgesehen von inversen Wetterlagen.

Hauptsätze der Thermodynamik

Von den vier Hauptsätzen (0 bis 3) sind hier nur 1. und 2. Hauptsatz von Interesse. Diese dürften den Lesern bekannt sein.

Natürliche Konvektion

Diese entsteht durch Temperaturunterschiede im Fluid. Da sich Fluide bei Erwärmung ausdehnen und sich dadurch ihre Dichte verringert, steigen sie nach oben (Auftrieb), während kühlere, dichtere Teile nachfließen.

Innere Energie

Die innere Energie ist die gesamte für thermodynamische Umwandlungsprozesse zur Verfügung stehende Energie eines physikalischen Systems, das sich in Ruhe und im thermodynamischen Gleichgewicht befindet.

Entropie

Es ist zwischen dem idealisierten meteorologischen Modell und der realen Thermodynamik zu unterscheiden. Dieses Modell geht von reversiblen Vorgängen aus, bei denen keine Entropie erzeugt wird,

In der realen Atmosphäre, in der Konvektion vorliegt, ist der Vorgang immer irreversibel. Turbulenz, Mischung mit der Umgebung, Reibung, Diffusion und bei feuchter Konvektion Kondensation, Verdunstung und Niederschlagsbildung erzeugen Entropie

Gleichgewichtszustände

Zustand X

Betrachtet werden zwei Gleichgewichtszustände. Ein Zustand X und ein Zustand Y. Der Zustand X soll eine Masse Luft am Boden bzw. in Bodennähe sein. Der Zustand ist gekennzeichnet durch folgende Variablen:

Volumen V_0 ,

innere Energie U_0 ,

Potenzielle Energie $P_0 = 0$,

Kinetische Energie $E_0 = 0$,

Entropie S_0 ,

Temperatur T_0 und

Druck p_0 .

Diese Masse beginnt sich aufgrund zugeführter Sonnenenergie (Erhöhung der inneren Energie) aufwärtszubewegen. Grund ist die Verminderung der Dichte durch die Erwärmung.

Zustand Y

Dieser Zustand stellt den Gleichgewichtszustand in einer gewissen Höhe der Atmosphäre dar. Er ist dann erreicht, wenn die innere Energie der aufsteigenden Luftmasse soweit in potenzielle Energie umgewandelt ist, dass ein weiteres Aufsteigen nicht mehr möglich ist. Diese Höhe kann sich irgendwo in der Atmosphäre oder am Rand der Troposphäre befinden. Für diesen Zustand gilt dann

Volumen $V_1 > V_0$,

innere Energie $U_1 < U_0$,

Potenzielle Energie $P_1 > P_0$,

Kinetische Energie $E_1 = E_0 = 0$,

Entropie $S_1 > S_0$,

Temperatur $T_1 < T_0$,

Druck $p_1 < p_0$.

Es gilt demnach , was bedeutet, dass der Zustand **Y** vom Zustand **X** aus erreichbar ist. Das Wissen um die Erreichbarkeit resultiert aus der experimentellen Untersuchung der Atmosphäre. Die physikalischen Größen, die hier von Bedeutung sind, wurden mehrfach gemessen.

Der thermodynamische Prozess

Die aufsteigende Luftmasse durchläuft einen thermodynamischen Prozess (Zustandsänderung), wobei sich die Größen (Prozessgrößen) so lange ändern, bis der neue Gleichgewichtszustand erreicht ist. Im Einzelnen bedeutet es, dass die innere Energie abnimmt, potenzielle Energie und Entropie zunehmen. Die Zunahme der Entropie ist bedingt durch die Irreversibilität des Vorgangs. Dieser ist deshalb irreversibel, weil während des Aufsteigens der Luft Arbeit verrichtet wird, die nicht mehr rückgängig gemacht werden kann, wie bereits oben beschrieben.

Diskussion

Es wurde gezeigt, dass mittels Betrachtungen zur adiabatischen Erreichbarkeit der Wärmetransport gemäß des Zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik immer dem Temperaturgradienten folgt. Abgesehen von inversen Wetterlagen erfolgt immer ein Wärmetransport Richtung Ende der Troposphäre, also in ca.10 km Höhe. Erst dort ist die innere Energie in

Potenzielle Energie durch Abstrahlung der letzten verbliebenen Wärme umgewandelt. Es erhebt sich die nun Frage, wie ein Treibhauseffekt zustande kommen soll, da ein stetiger Temperaturgradient vorliegt.

Das Gleiche gilt für die sogenannte Rückstrahlung durch CO_2 (Trenberth-Diagramm); die nach dem Zweiten Hauptsatz und der Gültigkeit des Temperaturgradienten natürlich nicht möglich ist. Sollte es diese geben, müsste die innere Energie der aufsteigenden Luftmasse irgendwo in der Atmosphäre durch irgendwelche Vorgänge erhöht werden.

Was ist nun die Wirkung der „Treibhausgase“? Gase werden durch infrarote Strahlung zum Schwingen angeregt und geben diese Energie natürlich an ihre Umgebung ab. Dadurch erhöht sich die Temperatur der Luft und beeinflusst den Temperaturgradient. Das hat wiederum Einfluss auf die Aufstiegs geschwindigkeit der sich nach oben bewegend en Luftmasse. Es ist ein Dämpfungseffekt, der mit „Treibhaus“ und „Rückstrahlung“ nichts zu tun hat.

Literatur

[1] André Thess: „Das Entropie Prinzip“

2014 Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH

Rosenheimer Straße 143 81671 München