

### XIII. Ueber die Temperatur-Abnahme in den Luftschichten; vom Hauptmann von Seydlitz.

(Nachtrag zum Aufsatze in Heft V<sup>1</sup>).)

Bei der Bestimmung der mittleren Höhen der Atmosphäre im angeführten Aufsatz wurde vorausgesetzt, daß alle über einander liegenden Luftatome im Durchschnitt gleiche Wärmemengen haben, daß also die Gleichgewichtstemperaturen mit den Drucktemperaturen zusammenfallen.

Sind die Drucktemperaturen nicht die Gleichgewichtstemperaturen, so müssen in einer Atmosphäre, in welcher anfänglich jedes Atom gleiche Wärmemenge hatte, so lange Bewegungen stattfinden, bis die Wärmequellen und die Mittheilung der Wärme durch Contact eine den Gleichgewichtstemperaturen entsprechende ungleiche Vertheilung der Wärme an die Luftatome herbeigeführt haben. Sind dagegen die Drucktemperaturen zugleich die Gleichgewichtstemperaturen, so wird jede ungleiche Vertheilung der Wärme an die Luftatome Bewegungen verursachen, bis die gleiche Vertheilung hergestellt ist.

Bemerkenswerthe Ursachen solcher ungleichen Vertheilung sind die Absorption von Sonnenstrahlen durch die obern Luftschichten und die Absorption von Erdstrahlen durch die untern Luftschichten, von welchen beiden Ur-

- 1) In jenem Aufsatze ist für die Schallgeschwindigkeit in der Luft der Buchstabe  $\gamma$  statt  $v$  gedruckt worden. Bei der Betrachtung des Experiments von Désormes und Clément haben sich Rechen- und Schreibfehler eingeschlichen. Es muß heißen:

$$w = 1^{\circ},3465 \text{ statt } 1^{\circ},3379$$

$$\text{ferner: } x = 0^{\circ},0182 \text{ statt } 0,0018$$

$$t_1 = t + w + x = 286^{\circ},7147 \text{ statt } 286^{\circ},8897$$

$$\text{Differenz } 0^{\circ},5622 \text{ statt } 0^{\circ},3872.$$

War die Luft nicht völlig trocken, so wird die Differenz auch durch diese Ursache noch kleiner. Man möge übrigens diese Differenz mit der vergleichen, welche sich beim pneumatischen Feuerzeug ergibt, wo die Luft im Augenblicke der Entzündung des Schwammes ( $288^{\circ}$  Centes) ungefähr auf den 5. Theil ihres Volumens zusammengedrückt ist.

sachen man aber vernehmen kann, daß sie sich in ihren Wirkungen einer ungleichen Wärme-Vertheilung an die Atome im Durchschnitt nahezu aufheben. Die gegenseitige Durchstrahlung der Drucktemperatur mälsig erwärmter Luftschichten kann die Drucktemperaturen nicht stören, ihre Wirkung ist im Gegentheil die Wiederherstellung von Drucktemperaturen. Ob nun die Contact-Wärme sich eben so verhält, diese Frage bedarf einer nähern Untersuchung, welche zu wichtigen Resultaten führt.

Man denke sich eine Drucktemperatur mälsig erwärmter Atmosphäre, dabei vertical wie horizontal im Gleichgewicht, also die untere Lufttemperatur überall gleich und constant. Nach der Theorie, welche im angeführten Aufsatz entwickelt ist, hat die Wärme das Bestreben, sich im Raume gleichmälsig zu vertheilen, und es entsteht die Frage nach der Geschwindigkeit der Vertheilung.

Die natürlichste Annahme ist, daß das Bestreben der Wärme, sich auszudehnen, ihrer Menge proportional sey, daß also die Wärmemenge in der Raumeinheit das sey, was für eine tropfbar flüssige Masse die Druckhöhe ist, und man möge auch vorläufig die fernere Analogie gelten lassen, daß die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme aus einem Raum mit der Wärmemenge  $w$ , in der Raumeinheit in einen Raum mit der geringern Wärmemenge  $w$  in der Raumeinheit überströmt, proportional sey  $\sqrt{w_1} - \sqrt{w}$ , also auch proportional  $t_1 - t$ , unter  $t_1$  und  $t$  die entsprechenden Temperaturen verstanden.

Dann ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Contact-Wärme durch die einem Breitengrade entsprechenden Schichtflächen-Elemente der Atmosphäre hindurchströmt:

$$(1) \quad v = -n \frac{dt}{dx} = \frac{pg}{3a},$$

wobei  $n$  eine Constante bedeutet, und die Gleichung (10) i. a. A. herangezogen ist, und die Wärmemenge, welche ein Schichtelement an das nächst darüber befindliche in der unendlich kleinen Zeit  $dz$  abgiebt:

$$(2) \quad dw = \frac{n}{3a} g F dz,$$

so wie der Wärme-Zuwachs oder Verlust eines Elements in der Zeit  $dz$ ;

$$(3) \quad dW_A = \frac{n}{3a} \frac{d(gF)}{dx} dz$$

unter  $F$  das Schichtflächen-Element des Breitengrades in der Höhe  $x$  verstanden.

Weil die Expansiv-Kraft  $e = at$  jedes Luftatom aufwärts, d. h. vom Mittelpunkt der Erde hinweg zu treiben strebt, die Schwere  $g$  dagegen dasselbe gegen diesen Punkt hinzieht, so müssen die Gleichgewichtstemperaturen in Bezug auf die lineare Ausdehnung des Schichtflächen-Elements die Gleichung erfüllen:

$$(4) \quad \frac{1}{V\gamma} = \frac{mt}{g}$$

unter  $m$  eine Constante und unter  $\gamma$  die Dichtigkeit verstanden, und da die Gleichgewichtstemperaturen mit den Drucktemperaturen zusammenfallen sollen, nach Gl. (6) i. a. A.:

$$\frac{1}{V\gamma} = \frac{m m_1 \sqrt{\gamma}}{g},$$

folglich

$$(5) \quad \frac{m_1}{\gamma} = F = \frac{m m_1 m_2}{g}.$$

Sonach ist, wenn die Gewichtstemperaturen mit den Drucktemperaturen zusammenfallen, laut Gleichung (2)  $\frac{dw}{dz}$  für alle über einander liegenden Schichtflächen-Elemente constant und deshalb

$$\frac{dW_A}{dz} = 0$$

d. h. die Strömung der Contact-Wärme stört diese Temperaturen nicht.

Der Natur flüssiger Massen zufolge müssen nun aber als zweite Gleichgewichtsbedingung alle Schicht-Elemente

einer Niveau-Schicht umgekehrt ihren Schweren proportional seyn <sup>1)</sup>).

Ueber den Polen fallen die Schichtflächen-Elemente mit concentrischen Kugelflächen-Elementen zusammen, verhalten sich also wie die Quadrate ihrer Entfernungen vom Mittelpunkt, und weil, abgesehen von der Attraction der Atmosphären-Masse und der Abplattung des Erdkörpers, die Schweren über den Polen sich wie die Quadrate jener Entfernungen umgekehrt verhalten, so verhalten sich die über den Polen liegenden Schichtflächen-Elemente wie ihre Schweren umgekehrt; somit gilt dies auch für alle über einander liegenden Schichtflächen-Elemente jeden Breitengrades.

Hieraus und aus den Gleichungen (1) bis (6) ergeben sich folgende zwei wichtigen Sätze:

- 1) Für die Erdatmosphäre sind die Gleichgewichtstemperaturen den Quadratwurzeln der Dichtigkeiten nahezu proportional.
- 2) Soll das Gleichgewicht durch die Contact-Wärme nicht gestört werden, so muß die Geschwindigkeit der Wärme-Ausgleichung proportional der Differenz der Temperaturen seyn.

Stellt man sich endlich den Vorgang der gegenseitigen Durchstrahlung diathermaner Körper vor, so gelangt man zu dem Schluß, daß die Gleichgewichtstemperaturen mit den Drucktemperaturen nahezu zusammenfallen müssen, wenn die gegenseitige Durchstrahlung der Luftschichten, welche Drucktemperaturen herbeizuführen strebt, das Gleichgewicht nicht merklich stören soll.

Schließlich möge hier noch eine Betrachtung ihre Stelle finden, welche ebenfalls zur Gleichung (6) i. a. A. führt.

Man denke sich die Erde als eine homogene Kugel, ohne Rotation und um sie eine homogene, nicht attractive und nicht comprimibare Masse von gleicher Temperatur als Kugelschicht herumgelegt, so kann man sich diese Masse

1) Vergl. Gleichung (3) mit der Berücksichtigung, daß in einer Niveau-Schicht gleiche Dichtigkeit und gleiche Temperatur herrschen muß.

in unendlich viele concentrische Schichten zerlegt vorstellen. Wird die Masse nun plötzlich zu einer expansibeln und dem Mariotte'schen Gesetz unterworfenen Flüssigkeit, so entsteht zur Herstellung von Schichten verschiedener Dichtigkeit eine Bewegung, und man ist zu der Annahme berechtigt, daß diese Bewegung die denkbar einfachste seyn wird.

Die einfachste Bewegung ist aber die, daß ein (unterer) Theil der Schichtflächen sich zusammen zieht, ein (oberer) Theil sich ausdehnt; ein Uebergehen von Atomen einer Schichtfläche in andere bei diesem Vorgang wäre nicht mehr die denkbar einfachste Bewegung. Die Schichtflächen werden sich also wie ihre Dichtigkeiten umgekehrt verhalten, d. h.

$$\gamma = \frac{n}{(r+x)^2}$$

unter  $n$  eine Constante, unter  $r$  den Radius der Erdkugel und unter  $x$  die Höhe der Schicht über der Oberfläche dieser Kugel verstanden.

Man hat auch die Schwere;

$$g = \frac{m}{(r+x)^2}$$

$m$  eine zweite Constante, und die Fundamental-Druckgleichung:

$$dp = a d(\gamma t) = -\gamma g dx$$

wird zu:

$$a d\left(\frac{n}{(r+x)^2} t\right) = -\frac{nm}{(r+x)^4} dx,$$

folglich

$$dt = \left(\frac{2t}{r+x} - \frac{m}{a(r+x)^2}\right) dx,$$

folglich

$$t = \frac{m}{a(r+x)},$$

also

$$\frac{t^2}{\gamma} = \frac{m}{na}.$$


---