sen, wie er sich in der letzten Betrachtung darstellt, seine Eigenschaft, für grössere Entfernungen der Centralpunkt der von der einen Hälfte des Magnets ausgeübten Kräfte zu seyn, behält, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden.

XIII. *Ein einfacher Beweis des zweiten Wärme-Gesetzes; von R. Most.*

Das zweite Wärmegesetz, welches ohne Rücksicht auf den Träger des Kreisprocesses, ob derselbe nun ein permanentes Gas oder Dampf oder der elektrische Strom sey, die Beziehung der zu- und abgeleiteten Wärmemengen zu den Temperaturen, d. h. zu eigenen Eigenschaften der Wärme darstellt und sich also ganz im Kreise der wirkenden Ursachen bewegt, ist seinem Wesen nach einfacher als das erste Wärmegesetz, welches die Beziehung der Wärme nicht nur zur Temperatur, sondern auch zur Disgregation und äusseren Arbeit feststellt. Nichts desto weniger bietet die zweite Wärmegleichung Schwierigkeiten in ihrer Ableitung; vermeidet Zeuner es, den Beweis wie Clausius auf ein eigenes Princip zu stützen, so sieht er sich doch gezwungen, die im integrirenden Factor eingeführte Temperaturfunction durch eine Hypothese¹⁾ zu bestimmen.

Im Nachfolgenden glaube ich, mit Vermeidung eines eigenen Grundsatzes oder einer besonderen Hypothese, nur gestützt auf die geläufigen Vorstellungen von einer Wärmequantität und von einem Kreisprocesse als einem sich wiederholenden Vorgange, das zweite Wärmegesetz streng ableiten zu können. Sollte ich aber die Strenge des Beweises zu hoch anschlagen, so wird man die nachfolgende Darlegung vielleicht als brauchbare Veranschaulichung des zweiten Wärmegesetzes gelten lassen.

1) Zeuner, Grundzüge der mechanischen Wärmetheorie S. 74—76.

Fragt man sich, wie eine bestimmte Wärmemenge Q eigentlich zu definiren sey, so wird sie nach den geläufigen Vorstellungen der Physiker etwa dahin zu fixiren seyn, dafs sie

- 1) proportional ist den Volumeinheiten eines ideellen permanenten Gases, welche durch sie erwärmt werden können,
- 2) proportional der Temperatur ist, bis zu welcher jene Volumeinheiten erwärmt werden können.

Die Wärme ist also eine Gröfse zweier Dimensionen, von denen die eine die Temperatur ist; aus den Eigenschaften der Gröfse zweier Dimensionen der Fläche müssen sich daher *die* Gesetze der Wärme ableiten lassen, welche aus ihrem Wesen als Gröfse zweier Dimensionen herstammen. Wenn man somit in einem rechtwinkligen Coordinatensystem (Fig. 4 Taf. IV) die Temperatur zur Ordinate die ad 1) bezeichnete Masse zur Abscisse macht, so ist der Inhalt des Rechteckes $ABCD$ geeignet, die Wärmemenge Q bei der Temperatur $T = AB$ darzustellen; bewegt sich der Punkt P mit wachsender Abscisse, so weist der von seiner Ordinate beschriebene Flächenraum auf eine zugeleitete Wärme hin, eine entgegengesetzte Bewegung deutet eine Ableitung der Wärme an. Denkt man sich nun den Punkt P den Lauf auf der Curve CEG nehmen, dann stellen $DCEF$ und $FEGH$ neue Wärmemengen dQ dar, welche bei den Temperaturen resp. CD und EF zugeführt werden, und die weiter fortschreitende Curve zeigt ein Zuführen von Wärme bei den durch die Ordinaten ausgedrückten Temperaturen an; wendet sich die Curve bei J , so wird damit angezeigt, dafs nun ein Ableiten der Wärme, z. B. des Wärmeelementes $KJLM$ bei der Temperatur JK stattfindet. Soll nun bei irgend einem Wärmevorgange ein Kreisprocefs eintreten, d. h. sollen in stetiger Folge dieselben Zuleitungen und später dieselben Ableitungen von Wärme eintreten, so mufs die Curve zu dem Punkt C zurückkehren, d. h. eine geschlossene seyn. Da nun aber $\frac{dQ}{T}$ die Abscissenelemente DF , FH , MK etc. sind, so ist

klar, daß das Integral $\int \frac{dQ}{T}$, bei welchem die zugeleiteten Wärmemengen positiv, die abgeleiteten negativ genommen werden, für den jedesmaligen Umgang des Kreisprocesses der Null gleich ist.

Der einfachste Kreisproceß wird auch durch die einfachste Figur, das Rechteck $RNOP$ (Fig. 5 Taf. IV) dargestellt; die Wärme $Q = SNOU$ wird zugeleitet bei der Temperatur $T = NS$; die Wärme $Q_1 = SRPU$ wird bei der Temperatur $T_1 = RS$ abgeleitet; die Zwischengänge OP und RN finden statt ohne Wärmezufuhr oder -abfuhr; offenbar ist $\frac{Q}{T} = \frac{Q_1}{T_1}$.

Man sieht also, das zweite Wärmegesetz ist eine theoretische allgemeine Folgerung aus der Auffassung der Wärme als Größe zweier Dimensionen; es gilt ganz unabhängig von der Ausführung, ja von der Ausführbarkeit eines solchen Vorganges. Fragt man sich nun, in welcher Weise ein solcher Vorgang möglich sey, bei dem Wärme bei bestimmten Temperaturen zu- und abgeleitet wird, so daß schließlich die durch den Inhalt der umschlossenen Figuren dargestellten Wärmemengen an einen bestimmten Träger, eine gewisse Menge Gas oder Dampf etc., abgegeben werden, ohne daß derselbe nach Vollendung des Kreisprocesses geändert ist, so ist das nicht anders möglich, als daß die Wärme als Arbeit fortgegeben ist und der Träger unter Ueberwindung von Widerständen und Nachgeben gegen dieselben einen Kreislauf von Veränderungen durchmacht. Dabei kann nun zweierlei eintreten; entweder sind diese Veränderungen einzig und allein Wirkungen der besprochenen Wärmeveränderungen und dann muß das Gesetz offenbar streng zur Erscheinung kommen, oder es treten noch *selbstständige* Veränderungen der äußeren Widerstände hinzu, welche sowohl die Volumen- und Druckveränderungen des Trägers, wie auch die Wärmevorgänge modificiren. Das erste findet statt, wenn die äußeren Widerstände den von der Wärme hervorgebrachten Druckkräften gleich kommen, oder doch nur unendlich wenig von

ihnen verschieden sind, d. h. wenn der Proceß umkehrbar ist. Das Zweite tritt ein, wenn die Widerstände nach eigenem Gesetz um endliche Differenzen von den Druckkräften abweichen; welche Modification das zweite Wärmege-
 setz dann erleidet, übersieht man, wenn man sich bei dem-
 selben Träger und denselben Temperaturverhältnissen den-
 selben Kreisproceß das eine Mal umkehrbar, das andere
 Mal nicht umkehrbar denkt. Man stelle sich also etwa bei
 einer geschlossenen calorischen Maschine vor, daß bei un-
 veränderten Temperaturen der Feuerungs- und Abkühlungs-
 flächen die Kolben einmal langsam hin- und zurückwichen,
 dann durch Verminderung des Widerstandes bei der Ex-
 pansion und Vermehrung desselben bei der Compression
 schnell hin- und hergehen. Geschieht die Zuleitung nach
 der Curve ABC (Fig. 6 Taf. IV) die Ableitung gemäß der
 Curve CDA , so wird die Wärmemenge $ABCD$ in Arbeit
 umgesetzt und es ist für den umkehrbaren Kreisproceß
 $\int \frac{dQ}{T} = 0$. Tritt nun der zweite Vorgang ein, so ist dann
 die Wärmezuleitung bei der Expansion geringer als bei dem
 umkehrbaren Proceß, denn es wird weniger Arbeit als bei
 diesem geleistet, da die Widerstände geringer sind; bei der
 Compression aber muß die Wärmeableitung stärker als vor-
 her seyn, da bei größeren äußeren Druckkräften mehr Ar-
 beit absorbirt wird. Werden also Wärmezuleiter und
 Wärmeableiter mit denselben Temperaturen wie vorhin bei
 dem umkehrbaren Processe gedacht, so stellt $ABCD$ noch
 das Gesetz der Temperaturen dar, die Curve AB_1CD_1 aber,
 welche die dazugehörigen Wärmen darstellt, muß nach
 Obigem bei der Zuleitung tiefer, bei der Ableitung höher,
 also innerhalb der anderen liegen; bezeichnen wir die
 Wärmemengen des zweiten Vorganges mit Q_1 , so ergibt
 ein Vergleich von $\int \frac{dQ_1}{T}$ mit $\int \frac{dQ}{T}$, da die positiven dQ_1
 kleiner sind als die entsprechenden Werthe dQ , die nega-
 tiven aber größer, für $\int \frac{dQ_1}{T}$ d. h. für einen nicht umkehr-
 baren Kreisproceß einen negativen Werth.