**22. Nochmals zur absoluten Temperatur;
von K. Schreber.¹⁾**

Lord Kelvin hat zwei voneinander ganz unabhängige Definitionen einer wissenschaftlich begründeten Temperaturscala gegeben. Die erste 1848 vorgeschlagene lautet²⁾: „Die charakteristische Eigenschaft der Scala, welche ich jetzt vorschlage, ist die, dass alle Grade denselben Werth haben, d. h. wenn die Wärmeeinheit von einem Körper *A* mit der Temperatur *T* dieser Scala übergeht auf einen Körper *B* mit der Temperatur *T* – 1, sie stets dieselbe mechanische Arbeit liefert, welches auch die Zahl *T* sei!“

In dieser Definition versteht Lord Kelvin unter Wärmeeinheit sicherlich die Einheit der Wärmeenergie, da damals von den drei charakteristischen Grössen der Wärmelehre: Wärmeenergie; Intensitätsfactor derselben, Temperatur; und Capacitäts- (oder, wie Hr. Wiedeburg vorzieht, Quantitäts-) factor derselben, Entropie, nur die beiden ersten bekannt waren. Da aber Lord Kelvin die Wärme damals noch als einen Stoff ansah, welcher bei allen Erscheinungen der Wärmelehre unverändert erhalten bleibt, eine Eigenschaft, welche bei Hrn. Wiedeburg dem Capacitätsfactor zukommt, so ändert dieser³⁾ die Lord Kelvin'sche Definition dahin ab, dass er in ihr die letztere Eigenschaft als wesentlich ansieht und demgemäss an Stelle der Einheit der Wärmeenergie die Einheit der Entropie einführt. Dadurch erhält er die Gleichung:

$$(1) \quad \frac{A}{\Theta} = T_1 - T_2.$$

1) K. Schreber, Wied. Ann. 65. p. 648. 1898.

2) W. Thomson, Phil. Mag. 33. p. 313. 1898.

3) O. Wiedeburg, Wied. Ann. 65. p. 921. 1898.

Diese Gleichung entspricht nach Hrn. Wiedeburg dem von Lord Kelvin angezogenen Kreisprocesse. Sie ist aber zur Definition der Temperatur nicht ausreichend, da hier drei Grössen verschiedener Art vorkommen: Energiemenge A , Capacitätsfactor $\mathfrak{S}$ und Intensitätsfactor T , während in Lord Kelvin's Definition nur zwei vorkommen, nämlich von den beiden ersten, je nach der Auffassung, die eine oder die andere. Bekannt ist zunächst von den dreien nur die Energiegrösse. Hr. Wiedeburg braucht deshalb eine zweite Beziehung zwischen der Temperatur und einer der beiden anderen Grössen und giebt diese dadurch, dass er neben jener Gleichung (1) die zweite Gleichung aufstellt:

$$(2) \quad Q = T \cdot \mathfrak{S}.$$

Hier hat er wiederum eine Beziehung zwischen denselben drei Grössen wie oben und kann daher eine Temperaturscala definiren.

Es fragt sich, ob diese beiden Gleichungen ohne besondere Voraussetzungen nebeneinander bestehen können.

Um über den Inhalt der Gleichung (1) klar zu sein, hat man besonders auf den Begriff der Arbeit zu achten, welchen Hr. Wiedeburg gebraucht. Coriolis und Poncelet, von denen dieser Begriff herrührt, gebrauchen als Arbeit ausschliesslich die in der Energetik als Aenderung der Entfernungsenergie benutzte Grösse: Kraft multiplicirt in den unter ihrem Einfluss zurückgelegten Weg. Nun ist aber in einem Kreisprocess durchaus nicht immer das Auftreten einer derartigen Arbeit nöthig. Es kann in einem Kreisprocess ebensogut auch irgend eine andere Energieform entwickelt werden, in welche Wärmeenergie sich umsetzen kann. Deshalb ist es jedenfalls vortheilhaft, wenn man vermeidet, in Gl. (1) von gewonnener Arbeit zu sprechen, sondern dafür die in andere Form umgewandelte Menge Wärmeenergie einsetzt. Für Wärmeenergie benutzt Hr. Wiedeburg das Zeichen Q . Nehmen wir nun noch an, dass der Kreisprocess zwischen den Temperaturen $T + dT$ und T stattfindet, so müssen wir Gl. (1) schreiben:

$$(3) \quad \frac{dQ}{\mathfrak{S}} = dT.$$

Mit dieser ist aber Gl. (2) nur vereinbar unter den beiden Voraussetzungen:

- a) es muss $\mathfrak{E}$ unabhängig von T sein,
- b) es muss der Wärmeenergie $Q = 0$ die Temperatur $T = 0$ entsprechen.

Beide Voraussetzungen sind willkürlich.

Das Differential z. B. der kinetischen Energie ist gegeben durch $dE_k = B \cdot dv$, wo der Capacitätsfactor B , die Bewegungsgrösse, dem Intensitätsfactor v , der Geschwindigkeit, proportional ist. Genau ebenso liegt es bei dem Differential der electrostatischen Energie: $dE_s = e dP$. Auch hier ist der Capacitätsfactor e , die Electricitätsmenge, dem Intensitätsfactor P , dem Potential, proportional.

Es existiren also Capacitätsfactoren, welche von ihren zugehörigen Intensitätsfactoren abhängig sind. Wollen wir uns folglich nicht einer unberechtigten Willkür schuldig machen, so dürfen wir über Abhängigkeit oder Unabhängigkeit zwischen $\mathfrak{E}$ und T nichts voraussetzen.

Die Voraussetzung b) ist eine sehr nahe liegende Folge der Voraussetzung a). Die wesentliche Voraussetzung ist also die erste, und da diese zutrifft, wenn man als Temperaturscala die thermodynamische von Lord Kelvin¹⁾ nimmt, so habe ich gesagt, dass Hr. Wiedeburg in seiner Definition der Entropie schon die thermodynamische Scala vorausgesetzt hat.

Dies zur Rechtfertigung meiner Behauptung.

Was nun die Bezeichnung einer Temperaturscala als „absolute“ anbetrifft, so muss man sich klar machen, was man darunter verstehen will.

Die gewöhnlich so genannte Scala ist auf dem Carnot'schen Satze aufgebaut und darf deshalb wohl als eine wissenschaftlich begründete bezeichnet werden; gerade so wie die von mir vorgeschlagene. „Absolut“ nennt nun Lord Kelvin eine Scala, welche „unabhängig von den Eigenschaften irgend einer besonderen Art von Materie“ ist. Um nun zu entscheiden, welche von beiden zur Discussion stehenden Scalen auf das

1) W. Thomson, Phil. Mag. 33. p. 314. 1848.

Prädicat „absolut“ berechtigten Anspruch machen kann, stelle ich hier die vollständigen Definitionen nebeneinander.

Die Function, nach welcher die *thermodynamische* Scala die Temperaturen zählt, ist von Lord Kelvin gegeben durch die Definition:¹⁾

„Wenn irgend eine einem vollkommen umkehrbaren Kreisprocess unterworfenen Substanz aus einem auf constante Temperatur gehaltenen Reservoir Wärme aufnimmt und an ein anderes, ebenfalls auf constante Temperatur gehaltenes Reservoir Wärme abgibt, so verhalten sich diese Temperaturen wie die Wärmemengen, welche aufgenommen bez. abgegeben werden.“

Die Einheit der Temperatur, den Grad, giebt die folgende Definition²⁾:

„Es sei T_{100} die Temperatur des siedenden Wassers unter Atmosphärendruck und T_0 die des schmelzenden Eises, dann soll sein $T_{100} - T_0 = 100$.“

Es wird also zur vollständigen Definition der thermodynamischen Scala das Wasser gebraucht.

Die von mir vorgeschlagene *absolute* Temperaturscala³⁾ ist durch die folgenden beiden Definitionen vollständig festgelegt:

„Die Differenz der Temperaturen zweier Körper A und B soll 1° betragen, unabhängig, in welchem Theile der Scala diese Differenz liegt, wenn mit dem Uebergange der Einheit der Wärmeenergie auf den Körper B mittelst eines umkehrbaren Kreisprocesses zwischen A und B die Umsetzung der Einheit der Wärmeenergie in andere Energieformen verknüpft ist.“

Und allgemein:

„Die Differenz der Temperaturen zweier Körper, zwischen denen ein umkehrbarer Kreisprocess stattfindet, bei welchem vom wärmeren Körper die Wärmeenergie Q_1 aufgenommen

1) J. P. Joule and W. Thomson, Phil. Trans. London 144. p. 351. 1854.

2) J. P. Joule and W. Thomson, l. c. p. 352; Kirchhoff, Vorlesungen über die Theorie der Wärme, p. 58. 1894; Maxwell, Theorie der Wärme, deutsch von Neesen, p. 244. 1878.

3) K. Schreiber, Mittheilungen aus dem Naturwissensch. Verein für Neuorpommern und Rügen. 29. p. 70. 1897. bez. Wied. Ann. 64. p. 173. 1898.

und dem kälteren die Wärmeenergie Q_2 abgegeben wird, ist gegeben durch die Gleichung:

$$\vartheta_1 - \vartheta_2 = \frac{1}{\log 2} \cdot \log \frac{Q_1}{Q_2} .''$$

Ich glaube, diese Zusammenstellung lässt ohne weiteres entscheiden, welcher Temperaturscala das Prädicat einer absoluten, d. h. von irgend welcher besonderen Substanz unabhängigen zukommt.

(Eingegangen 24. October 1898.)