

Atlanten der Physik (16)

Die Messung der Entropie

Gegenstand:

Die Entropie wird, wenn überhaupt, so eingeführt, dass der Eindruck entsteht, es handle sich um eine Größe, deren Werte man nur durch komplizierte mathematische Berechnungen erhalten kann.

Mängel:

Die Entropie ist, neben der Temperatur, die wichtigste Größe der Wärmelehre. Sie ist die zur intensiven Temperatur gehörende extensive Größe. Entropie und Temperatur gehören genauso zusammen wie elektrische Ladung und elektrisches Potenzial oder wie Impuls und Geschwindigkeit. Entropieströme sollten demnach in der Wärmelehre dieselbe Rolle spielen, wie elektrische Ströme in der Elektrizitätslehre oder Kräfte (Impulsströme) in der Mechanik. Die übliche Einführung der Entropie wird dieser wichtigen Rolle nicht gerecht.

Bei ihrer ersten Erwähnung wird uns die Entropie oft präsentiert als "Zustandsfunktion"/1/. Warum wird ausgerechnet bei der Entropie betont, sie sei eine Funktion? Die Entropie ist zunächst eine physikalische Größe. Zur Funktion wird sie erst, wenn man sie in Abhängigkeit von anderen Größen darstellt. Je nachdem, welche anderen Größen man wählt, ist der funktionale Zusammenhang natürlich ein anderer.

Und warum wird betont, sie sei eine *Zustandsfunktion* oder *Zustandsgröße*? Alle extensiven physikalischen Größen sind Zustandsgrößen (und noch viele andere mehr), aber diese Tatsache ist so selbstverständlich, dass man sie normalerweise nicht erwähnt. Da die übliche Einführung der Entropie keine anschauliche Vorstellung vermittelt, klammert man sich an diese eine Eigenschaft, in der sie sich allerdings von den meisten anderen Größen gar nicht unterscheidet.

Der wohl wichtigste Mangel bei der Einführung der Entropie ist, dass man kein Messverfahren vorstellt. Die komplizierte Einführung der Größe hinterlässt dann den Eindruck, die Messung der Entropie sei schwierig, vielleicht sogar unmöglich.

Tatsächlich ist die Entropie aber eine der am leichtesten zu messenden Größen überhaupt. Man kann Entropiewerte mit recht guter Genauigkeit mit Hilfe von Geräten bestimmen, die man in jeder Küche findet.

Herkunft:

Siehe /2/

Entsorgung:

Es geht natürlich nicht um die "Entsorgung" der Entropie oder deren Messung, sondern um die Beseitigung des Vorurteils, die Entropie sei schwer zu messen.

Wie misst man Entropien? Wir formulieren zunächst die Messaufgabe genauer: Man bestimme die Entropiedifferenz zwischen 5 Liter Wasser von 60 °C und 5 Liter Wasser von 20 °C.

Man beginnt mit dem Wasser bei 20 °C und heizt es mit einem Tauchsieder auf 60 °C. Man rührt gut um, so dass die Temperatur überall im Wasser gleich ist, und man misst während des Heizens die Temperatur als Funktion der Zeit. Der Energiestrom P , der aus dem Tauchsieder ins Wasser fließt (die Leistung) ist bekannt.

Aus $dE = T \cdot dS$ folgt

$$dS = \frac{dE}{T} = \frac{Pdt}{T}$$

Eine kleine Entropiezunahme dS erhält man also einfach als Quotienten aus der Energiezufuhr $dE = Pdt$ und der Temperatur T . Da sich die Temperatur des Wassers beim Heizen ändert, muss man, um die gesamte zugeführte Entropie zu erhalten, von der niedrigen Temperatur T_1 bis zur hohen Temperatur T_2 aufintegrieren oder aufsummieren:

$$\Delta S = P \int_{T_1}^{T_2} \frac{dt}{T} \approx P \sum_i \frac{\Delta t_i}{T_i}$$

Solange die Temperaturänderung beim Heizen klein gegen die mittlere absolute Temperatur \bar{T} ist, kann man aber statt der veränderlichen Temperatur getrost diese mittlere Temperatur verwenden, und man erhält

$$\Delta S = \frac{P \Delta t}{T}$$

Also: Entropiezunahme gleich Energiestrom des Tauchsieders mal Heizzeit durch mittlere Temperatur.

/1/ Gerthsen – Kneser – Vogel: Physik. – Springer-Verlag, Berlin, 1977. – S. 183

/2/ Job, G.: Altlasten der Physik (8), *Entropie*

F. H.