

# Altlasten der Physik (130): Thermische Energie

F. Herrmann

## Gegenstand

Aus einem Schulbuch:

„Die *thermische Energie* ist Teil der inneren Energie und wird weitgehend durch die Temperatur bestimmt. Da man in vielen Fällen von der Konstanz der anderen Bestandteile ausgehen kann, wird mitunter nur die thermische Energie betrachtet. ...

Die Wärme gibt an, wie viel thermische Energie von einem System auf ein anderes übertragen wird. ...

Für den Zusammenhang zwischen übertragener Wärme und Energieänderung gilt:

$$Q = \Delta E_{\text{therm.}}$$

Aus einem anderen Schulbuch:

„Die potenzielle und die kinetische Energie der Teilchen wird zusammenfassend auch als thermische Energie bezeichnet.“

Aus einem dritten Schulbuch:

„Die gesamte Energie eines thermodynamischen Systems, die aus thermischer Energie (*potentielle und kinetische Energie der Teilchen*), aus *chemischer Energie* und *nuklearer Energie* besteht, ist die *innere Energie U*.“

## Mängel

Die Absicht, die den Definitionen der thermischen Energie zu Grunde liegt, ist klar: Man möchte ein Maß für den Wärmehalt eines Systems einführen. Dieses Maß soll unter anderem die folgenden Eigenschaften haben:

1. Es soll für ein gegebenes System in einem gegebenen Zustand einen wohl definierten Wert haben, d. h., es soll eine Zustandsgröße sein.
2. Es soll ein energetisches Maß sein, d. h. eine extensive Größe, die man in Joule misst.
3. Es soll ein Anteil der inneren Energie sein. Ein anderer Anteil wäre die „chemische Energie“.
4. Seine Änderung soll mit dem übereinstimmen, was man in der Physik als Wärme  $Q$  bezeichnet.

Eine Größe, die diese Forderungen erfüllt, lässt sich aber nicht definieren. Man kann nicht kinetische und potenzielle Energie der Teilchen von einem Anteil unterscheiden, den man chemische Energie nennen würde. Jede Temperaturerhöhung führt zur Zunahme von elektronischen Anregungen, Schwingungsanregungen, Anregungen des Spinsystems, zur Dissoziation von Molekülen, zur Umlagerung von Atomen, d. h. chemischen Reaktionen, und schließlich auch zu Kernreaktionen. Es gibt keine Möglichkeit und auch keinen Grund dafür, die an diesen Prozessen beteiligte Energie auf eindeutige Art in Summanden zu zerlegen.

Gäbe es eine solche Zerlegung, so würde sie sich thermodynamisch darin äußern, dass der eine Summand (die thermische Energie) nur von der Temperatur und nicht vom chemischen Potenzial abhängt, und ein anderer nur vom chemischen Potenzial und nicht von der Temperatur.

## Herkunft

Physik, Chemie und technische Thermodynamik brauchen ein Mengenmaß für die Wärme, ein Maß für den Wärmehalt eines Systems. Unser gesunder Menschenverstand legt es auch nahe, dass sich eine solche Größe definieren lässt, denn wir operieren intuitiv ständig damit, und zwar erfolgreich. Bei der Suche nach einem Wärmemaß im 19. Jahrhundert wurde allerdings der Fehler gemacht, dass man annahm, eine solches Maß müsse eine energetische Größe sein [1]. Die Definition eines energetischen Wärmemaßes mit den erwünschten Eigenschaften konnte aber nicht gelingen. Herausgekommen sind stattdessen Ersatzkonstruktionen, die einige Erwartungen an ein Wärmemaß erfüllen, andere aber nicht. So hat die Größe  $Q$ , die ja auch „Wärme“ genannt wird, den Nachteil, dass sie keine physikalische Größe im üblichen Sinn ist. Man sagt, sie sei eine Prozessgröße, denn es hat keinen Sinn, nach ihrem Wert für ein gegebenes System in einem gegebenen Zustand zu fragen. Die Chemiker behelfen sich gern mit einer anderen Ersatzkonstruktion, der Enthalpie  $H$ . In der Tat verhält sich die Enthalpie wie ein Wärmehalt, solange man nur Prozesse mit konstantem Druck zulässt – für einen Physiker allerdings eine inakzeptable Einschränkung.

Keine der beiden Größen  $Q$  und  $H$  erfüllt also die Anforderungen, die man berechtigterweise an ein Wärmemaß stellt. Was liegt also näher, als ein neues Wärmemaß,

zu konstruieren, das sich vernünftig verhält, nämlich die thermische Energie?

Es ist interessant, dass man den Begriff „thermische Energie“ nur in Schulbüchern findet, nicht aber in Hochschulbüchern. Müssen wir also den Schulphysikern den Vorwurf machen, dass sie aus Unkenntnis der Thermodynamik unhaltbare Konzepte erfinden? Ja und nein. Ja, denn ihre Konstruktion funktioniert nicht. Nein, weil die Schuld, dass die Wärmelehre so unbeliebt und so wenig bekannt ist, bei der Hochschule liegt. Die Thermodynamik hat den Ruf, abstrakt zu sein, und die Hochschullehre macht diesem Ruf alle Ehre: Zusammenhänge zwischen vier Variablen, die sich alle gleichzeitig ändern, verschachtelte partielle Ableitungen, Variablenwechsel, unanschauliche Größen, wie Enthalpie, freie Energie, Gibbs'sche freie Energie gehören zur Ausstattung des Gruselkabinetts. Für die Erklärung eines so einfachen Vorgangs wie der Kompression der Luft in einem Dieselmotor benutzt man den so genannten Adiabatenexponenten, der definiert wird als Quotient aus zwei partiellen Ableitungen, die sich darin unterscheiden, dass einmal eine, einmal eine andere Variable konstant gehalten wird. So ist gar nicht zu erwarten, dass ein Student ein unverkrampftes Verhältnis zur Wärmelehre entwickelt. Wie soll er dann aber später als Lehrer diese Sachverhalte schülergerecht darstellen? Es ist nur zu verständlich, dass er sich eine einfachere Welt zusammenbastelt.

## Entsorgung

Sie ist viel einfacher als man befürchten könnte. Man lasse ab von der Idee eines energetischen Wärmemaßes. Alle Schwierigkeiten verschwinden, wenn man die Entropie als Wärmemaß einführt. ■

## Literatur

[1] G. Job: *Äquivalent von Wärme und Arbeit, Altlasten der Physik*, Aulis Verlag Deubner, Köln 2002, S. 77

## Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Friedrich Herrmann, Institut für Theoretische Festkörperphysik, KIT, 76128 Karlsruhe, E-Mail: f.herrmann@kit.edu