

Altlasten der Physik (143): Was ist eigentlich Energie? Was ist eigentlich Entropie?

F. Herrmann

Die Antwort auf die Frage, was Energie oder Entropie ist, lautet: Beides sind physikalische Größen. Jede der beiden Größen ist ein Maß für etwas: die Energie für Trägheit und Schwere, die Entropie für den Wärmehalt.

Gegenstand

Auf einem Symposium im Rahmen der WCPE (World Conference on Physics Education) über die Einführung der Energie im Unterricht im vergangenen Juli wurden die Referentinnen und Referenten nicht müde zu betonen, dass die Energie eine abstrakte Größe sei. Dabei waren sie in guter Gesellschaft. Schließlich wissen wir auch von Feynman [1]: „Es ist wichtig, sich klar zu machen, dass wir heute in der Physik keine Vorstellung davon haben, was Energie ist.“

Nicht anders steht es mit der Entropie. Der große John von Neumann erklärt uns [2]: „Niemand weiß, was Entropie eigentlich ist, sodass man in einer Debatte immer im Vorteil ist.“ Oder der Karlsruher Mathematiker Harro Heuser [3]: „Der Entropiebegriff gehört ohnehin zu den okkultesten Begriffen unserer Physik,“

Mängel

Was ist eigentlich Energie? Was ist eigentlich Entropie?

1. Die Fragen sind schlecht gestellt, das „eigentlich“ sollte raus. Und die eingangs zitierten Bemerkungen sind unnötig fatalistisch. Statt Warnungen oder Einschüchterungen auszusprechen, sollte man als erste Antwort auf die Fragen einfach sagen: Beides sind physikalische Größen, und damit ein Maß für etwas. Natürlich erzwingt diese Antwort gleich eine neue Frage: Wofür sind sie denn ein Maß? Aber diese Frage hört sich längst nicht mehr so transzendent an, wie die ursprüngliche Frage, und man kann sie auch beantworten.
2. Man fragt immer nur nach diesen beiden Größen, aber nie danach, was „eigentlich“ die Masse, die elektrische Ladung, die Temperatur oder der Druck ist. Dabei sind diese Fragen genau so interessant, und sie sind genau so schwer oder leicht zu beantworten.

3. Eine gut gestellte Frage definiert ein Ensemble von Antworten, von denen eine die richtige ist. Die Frage: „Wer hat die ‘eins’ in der Klassenarbeit geschrieben?“ legt fest, dass die Antwort einer der Namen der Schülerinnen und Schüler sein muss. Es gibt auch weniger gut gestellte Frage und es gibt schlecht gestellte Fragen. Bei den schlecht gestellten liegen die möglichen Antworten nicht fest, und es ist damit fast unmöglich es dem Fragenden Recht zu machen. Eltern wissen ein Lied davon zu singen. Es sind vor allem die Fragen, die mit „Warum“ beginnen. Man beantwortet sie, und es kommt das nächste Warum. Ähnlich steht es mit der Frage: Was ist eigentlich ...? Mit welcher Antwort wäre denn der Fragenformulierer zufrieden?

4. Wir wollen es mit einer Antwort versuchen.

Was ist Energie? Dasselbe wie Masse. Die entsprechende Formel wird öfter zitiert, als jede andere physikalische Gleichung, und trotzdem ist die Botschaft nach mehr als hundert Jahren immer noch nicht angekommen. Man könnte natürlich weiter fragen: Und was ist Masse? Aber das fragt niemand. Wohl zu Recht. Man mag einwenden, die Einsteinsche Antwort sei im Rahmen der klassischen Physik nicht relevant, da sich die Relativitätstheorie nur bei hohen Geschwindigkeiten bemerkbar macht. Der Einwand passt hier aber nicht. Trägheit und Schwere manifestieren sich allenthalben und das sind die Eigenschaften der Energie-Masse. Dass man den Gewichtsunterschied zwischen einer vollen und einer entladenen Batterie nicht mit der Waage feststellen kann, hat nichts damit zu tun, dass irgendeine Geschwindigkeit nicht relativistisch genug ist, sondern nur mit der Messgenauigkeit der Waage.

Und was ist Entropie? Das was man umgangssprachlich Wärme nennt. Wem die Antwort zu einfach ist, der mag gern weiter fragen: Welche mikroskopisch-statistische Deutung man der Entropie geben kann usw. Aber man sage nicht: Man wisse nicht, was Entropie „eigentlich“ ist.

Herkunft

Es herrscht das historisch entstandene Missverständnis, dass die Energie ein Etwas ist, eine Art Stoff, den man in der Natur vorfindet, dessen Natur aber schwer zu ergründen ist.

Dass man die Frage bei der elektrischen Ladung nicht stellt, dass man glaubt zu wissen, was sie „eigentlich“ ist, beruht auf demselben Missverständnis: Die physikalische Größe Ladung wird oft mit dem physikalischen System Elektron verwechselt.

Entsorgung

Man führt beide, die Energie und die Entropie, über ein Modell ein. Man stellt sie sich vor als ein Fluidum, für dessen Menge die Größen ein Maß sind. Das eine Fluidum steht für die Trägheit und Schwere, das andere für die Wärme. Eine solche Einführung ist leicht zu verstehen und sie ist tragfähig. ■

Literatur

- [1] Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands: *Vorlesungen über Physik, Band I, 5. Auflage*, Oldenbourg Verlag, München 2007, S. 46.
 [2] M. Tribus, E. C. McIrvine: *Energy and Information*, *Sci. Am.* 224, Sept. 1971, S. 178-184.
 [3] Harro Heuser: *Unendlichkeiten*, B. G. Teubner Verlag, Wiesbaden 2008, S. 30.

Anschrift des Verfassers

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