

Altlasten der Physik (145): Die Entropie als Irreversibilitätsmaß

F. Herrmann

Gegenstand

Die Entropie wird manchmal eingeführt als Maß für die Irreversibilität eines Vorgangs. So kann man sich eine gewisse Anschauung von der Größe bilden, die sonst als unanschaulich gilt.

Mängel

1. Führt man die Entropie als Irreversibilitätsmaß ein, so gerät die Frage leicht in den Hintergrund, was denn mit der einmal erzeugten Entropie passiert. Ebenso die Frage, welche Bedeutung die Entropie hat, über deren Herkunft wir nichts oder nur wenig wissen. Die Entropie des Universums ist mit hoher Genauigkeit konstant. Die Entropieerzeugung, die wir ständig in unserer Nähe beobachten ist auf kosmischer Skala ganz und gar vernachlässigbar. Aber auch auf terrestrischer Skala spielt die erzeugte Entropie in der Gesamtbilanz nur eine kleine Rolle. Die in der Erdkugel enthaltene Entropie ist etwa eine Million mal so groß wie die ganze an der Erdoberfläche (im Wesentlichen bei der Absorption des Lichts) in einem Jahr erzeugten Entropie. Wenn man die Entropie nur als Irreversibilitätsmaß kennenlernt, wird man mit dieser gespeicherten Entropie nicht viel anfangen können.
2. Die Entropie begegnet uns in der Gleichung

$$P = T I_{\text{S}} \quad (1)$$

Die Gleichung sagt, dass ein Entropiestrom stets mit einem Energiestrom verknüpft ist. Sie ist von derselben Art, wie die bekanntere Gleichung

$$P = U I.$$

Gleichung (1) wird etwa für die Beschreibung von Wärmekraftmaschinen gebraucht. Das Funktionsprinzip ist leicht zu verstehen: Durch die Maschine strömt Entropie hindurch; die Stromstärke am Eingang ist gleich der am Ausgang. In der Maschine geht sie von hoher zu niedriger Temperatur, und treibt dabei etwas an, d.h. die Maschine gibt über eine Welle Energie ab (genauso wie bei einem Wasserrad Wasser aus einer größeren auf eine kleinere Höhe gelangt und dabei Energie über eine Welle abgegeben wird). Wir brauchen zur Erklärung die Entropie. Da der entsprechende Vorgang reversibel ist, hilft uns die Deutung der Entropie als Irreversibilitätsmaß nicht.

3. Wenn man ein Irreversibilitätsmaß einführen möchte, so ist die Entropie selbst nicht ganz die richtige Größe. Stellen wir uns vor, wir wollten zwei Prozesse an den Systemen A und B hinsichtlich ihrer Irreversibilität vergleichen. Es sollen also Prozesse beurteilt werden und nicht Zustände. Daher ist eine Aussage über die Entropie der beteiligten Systeme nicht nützlich. Pas-

sender ist es, die Entropieproduktionsrate zu betrachten. Wenn diese nun bei Prozess A größer ist als bei Prozess B, so muss das aber immer noch nicht bedeuten, dass A der „irreversiblere“ Prozess ist. Wenn System A viel größer ist als System B, wird man Prozess A trotz der höheren Entropieproduktionsrate als den reversibleren bezeichnen wollen. Man muss das Irreversibilitätsmaß also noch auf die Größe des Systems beziehen. Als brauchbares Maß für die Irreversibilität eines Prozesses ergibt sich damit die molare Entropieproduktionsrate.

Herkunft

Das Fehlen einer Anschauung von der in einem System gespeicherten Entropie und der Versuch, zur statistischen Deutung als Unordnungsmaß noch eine phänomenologische Deutung hinzuzufügen.

Entsorgung

Wird die Entropie als Wärme interpretiert, so ergibt sich die Bedeutung der molaren Entropieproduktionsrate als Maß für die Irreversibilität als Nebenprodukt. ■

Anschrift des Verfassers

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

DPG-Fortbildungskurse für Physiklehrer im Physikzentrum Bad Honnef

24. bis 28. Juni 2013

Klimawandel

Leitung: Prof. Dr. Wieland Müller (Universität Koblenz-Landau)

22. bis 26. Juli 2013

Physik und Mathematik

Leitung: Prof. Dr. Karl-Heinz Lotze (Universität Jena) Prof. Dr. Gesche Pospiech (TU Dresden)

18. bis 22. Oktober 2013

Physikshows und Freihandexperimente

Leitung: Prof. Dr. Herbert Dreiner (Bonn) Dr. Olivier Gaumer (Europhysics Fun, Geneva) Prof. Dr. Rainer Müller (Braunschweig)

Die ausführlichen Informationen findet man wie immer unter:

<http://www.dpg-physik.de/dpg/pbh/index.html>

Kursgebühren einschl. Unterkunft und Verpflegung von Montag bis Freitag: € 302 (€ 242 für Lehramtskandidaten und Referendare), € 165 für Tagesgäste (€115), Fahrtkostenzuschüsse für DPG-Mitglieder (0,22€/km x einfache Entfernung). DPG-Kurse sind auch für Nichtmitglieder offen.
Online-Anmeldung: <http://www.dpg-physik.de/dpg/pbh/anmeldungen/annellF113/annellF113.html>