

154 Temperatur und Wärme bei der Expansion ins Vakuum

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Gay-Lussac-Expansion eines Gases nimmt die Entropie zu, während die Temperatur ungefähr konstant bleibt. Das scheint der Aussage zu widersprechen, dass die Entropie ein Maß dafür ist, was man umgangssprachlich Wärme nennt. Die Übereinstimmung ist trotzdem vorhanden. Um das zu sehen, muss man das Gas nach der Expansion reversibel auf sein Ausgangsvolumen zurückbringen.

Gegenstand

Die Entropie stimmt in ihren Eigenschaften und ihrem Verhalten in vieler Hinsicht mit dem überein, was man umgangssprachlich Wärme nennt. Es gibt allerdings ein berühmtes Experiment, bei dem diese Übereinstimmung nicht zu bestehen scheint: Die Expansion ins Vakuum, auch bekannt unter dem Namen Gay-Lussac-Expansion.

Mängel

Den Lehrern, die die Entropie als Maß dessen einführen, was man umgangssprachlich Wärme nennt, wird manchmal entgegen gehalten, dass bei der Gay-Lussac-Expansion die Entropie zunimmt, dass aber trotzdem keine „Wärme entsteht“ [1].

Hierzu ist verschiedenes zu bemerken:

1. Die Übereinstimmung zwischen einer physikalischen Größe und dem, was ihr Name zu versprechen scheint, ist nie vollständig. Beispiele hierfür sind etwa die Größe Q und ihr eingebürgerter Name „Wärme“. So ist für den Lernenden schwer zu akzeptieren, dass man nicht sagen kann, in einem heißen Körper sei Wärme gespeichert. Noch schlechter sieht es aus mit der Übereinstimmung von Namen und physikalischer Bedeutung bei der Größe F , genannt Kraft [2].

2. Im vorliegenden Fall geht es allerdings nicht um die Übereinstimmung zwischen dem Namen einer Größe und ihrer physikalischen Bedeutung, denn der Name der Größe S ist Entropie. Es geht lediglich darum, ob es geraten scheint, bei der Einführung der Entropie zu bemerken, dass ihre Eigenschaften mit denen des umgangssprachlichen Wärmebegriffs weitgehend übereinstimmen. Tatsächlich ist die Übereinstimmung hier so gut wie es bei nur wenigen anderen physikalischen Größen der Fall ist.

Nehmen wir zum Vergleich die Kraft. Es ist üblich, sich bei der Einführung der Kraft auf eine Muskelempfindung oder ein Muskelgefühl zu berufen [3]. Das „Muskelgefühl“ weist aber genauso auf eine Kraft (einen Impulsstrom), wie auf einen Energiestrom hin. Trotzdem nimmt an diesem Vergleich kaum jemand Anstoß.

3. Nun zur Expansion eines Gases ins Vakuum. Zunächst: Es ist ein Experiment, das man nicht gleich am Anfang der Wärmelehre diskutiert. Man tut es später, wenn die Gase behandelt werden. Die Diskussion läuft etwa so: Ein Gas expandiert ins Vakuum. Nachdem sich das thermodynamische Gleichgewicht eingestellt hat, ist die Temperatur nahezu die gleiche wie vor der Expansion. Also hat die Wärme (das Wort im umgangssprachlichen Sinn benutzt) nicht zugenommen? Auf den ersten Blick, nein. Nun ist es aber leichtsinnig, den Entropieinhalt, bzw. den umgangssprachlichen Wärmeinhalt vor und nach der Expansion nur auf Grund der Temperatur zu beurteilen, denn es hat sich ja das Volumen des Gases geändert. Man wird daher das Gas zunächst wieder auf sein altes Volumen bringen, und zwar so, dass man dabei weder Wärme zu- oder abführt, noch dass man welche erzeugt. Nachdem man das getan hat, ist das Gas wärmer als am Anfang. Es enthält mehr (umgangssprachliche) „Wärme“, d.h. Entropie.

Herkunft

Wir vermuten, dass die Abwehr gegen die Vorstellung der Entropie als umgangssprachliche Wärme gar nicht damit zu tun hat, dass die Übereinstimmung nicht perfekt ist. Vielmehr sucht man nach Beispielen, in denen die Behauptung nicht zutrifft, aus Angst davor, dass sich die Aussage bewahrheiten sollte; aus Angst vor der Einsicht, dass die Entropie nicht so kompliziert und schwierig ist, wie man es sein Leben lang geglaubt hat.

Entsorgung

Man führe die Entropie ein, indem man sie mit der umgangssprachlichen Wärme assoziiert. Die Übereinstimmung zwischen Namen und physikalischem Konzept ist besser als bei den meisten anderen physikalischen Größen, bei deren Einführung man sich ohne größere Bedenken an der alltäglichen Erfahrung orientiert.

[1] M. Bartelmann, F. Bühler, S. Großmann, W. Herzog, J. Hüfner, R. Lehn, R. Löhken, K. Meier, D. Meschede, P. Reineker, M. Tolan, J. Wambach und W. Weber: Gutachten über den Karlsruher Physikkurs; in Auftrag gegeben von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.

http://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/stellungnahmen_gutachter/Stellungnahme_KPK.pdf

[2] F. Herrmann: Altlasten der Physik, Band 2, Artikel 5.9: [Kraftübertragung, Drehmomentübertragung und Leistungsübertragung](#)

[3] F. Herrmann: Altlasten der Physik, Band 2, Artikel 5.2: [Eine Anschauung von der Kraft](#)