

# Das Heiz-Paradoxon

Warum wird ein Zimmer durch Heizen wärmer?  
Etwa, weil wir die Energie der Raumluft erhöhen? Mitnichten!

VON H. JOACHIM SCHLICHTING

**W**arum heizen wir im Winter? Die Antwort auf diese Frage scheint trivial. Und wohl kaum jemand würde vermuten, dass sich ein Physiker mit ihr in der Fachzeitschrift »Nature« beschäftigt. Doch der Schweizer Robert Emden (1862–1940) tat genau das. Er schrieb: »Der Laie wird auf diese Frage antworten: ›Damit es im Zimmer wärmer wird.‹ Ein Student der Thermodynamik drückt sich vielleicht so aus: ›Um fehlende Energie zuzuführen.‹ In diesem Fall erweist sich der Laie, nicht der Wissenschaftler, als im Recht.«

Das war im Jahr 1938 und dürfte manchen noch heute zum Widerspruch

reizen. Denn wer könnte abstreiten, dass ein Heizkörper thermische Energie an ein Zimmer abgibt? Die Energiemenge, die das Zimmer verliert – in Form von Wärme, die durch Wände, Fenster und Türen in die kalte Winterwelt entschwindet –, muss die Heizung schlicht nachliefern. So könnte man jedenfalls denken.

Thermodynamisch betrachtet ist jedes Zimmer ein offenes System. Durch Wärmetransport tauscht es Energie mit der Außenwelt aus; darüber hinaus kommt es auch zum Materieaustausch. Von Letzterem merken wir nicht viel; nur manchmal schlägt unerwartet eine Tür, dann ist der Druckausgleich durch Luft, die zwischen innen und außen strömt, etwas heftiger ausgefallen. Dass diesseits und jenseits der Wände derselbe Druck herrscht, lässt sich übrigens schon an mancher Wetterstation für den Hausgebrauch ablesen: Oft werden sie mit zwei Thermometern (einem für innen, einem für außen), doch mit nur einem Barometer geliefert.

Wäre das Zimmer hingegen luftdicht abgeschlossen, ließe die Heizungswärme den Luftdruck darin steigen, so wie auch ein in der Sonne liegender Fahrradschlauch immer praller wird. Tatsächlich aber führt steigender Innendruck dazu, dass Luft nach außen abströmt. Und umgekehrt strömt Luft nach innen, sobald die Zimmertemperatur sinkt.

Doch es ist eben nicht nur Luft, die transportiert wird. Vielmehr ist immer auch Energie mit an Bord, da sich die

thermische Energie der Zimmerluft mikroskopisch betrachtet als Bewegungsenergie der ungeordnet durcheinanderrasenden Luftpartikel auffassen lässt. Verlassen diese Partikel den Raum, nehmen sie also Energie von innen nach außen mit.

## Es kommt noch kurioser

Stellt man dazu eine kleine Rechnung an, erlebt man eine ziemliche Überraschung: Die wegen steigenden Innendrucks nach außen strömende Luft nimmt gerade so viel Energie mit sich, wie von der Heizung an die Zimmerluft abgegeben wurde. Anders formuliert: Obwohl Energie zugeführt wird – man hat schließlich den Heizkörper aufgedreht –, bleibt die Energiemenge im Zimmer gleich!

Fast noch überraschender erscheint die umgekehrte Überlegung. Ich kühle die Zimmerluft ein wenig ab, wenn ich zum Beispiel eine Flasche Rotwein aus dem kalten Keller hole und diese sich auf Zimmertemperatur erwärmt. Statt dass es nun aber zu einer geringfügigen Druckabnahme kommt, weil die Flasche die Luft abkühlt, strömt gerade so viel Luft aus der kalten Außenwelt ins Zimmer, dass der Druck gleich bleibt. Und wieder bleibt auch die Energie konstant. Man kann also ohne Übertreibung sagen, dass die Energie, die der sich erwärmende Rotwein der Zimmerluft entzieht, letztlich aus der kalten Außenwelt stammt!

Es kommt aber noch kurioser, denn genau genommen nimmt die Energie



FOTOLIA/VOX MEDIA

Die Energie, die der Wein der wärmeren Zimmerluft entzieht, stammt – aus der kalten Umgebung des Hauses.



FOTOLIA / ABS DIGITAL DE DARIUSZ OZKONICZ

Im Winter ist es draußen zwar kalt, doch thermische Energie ist auch bei Eis und Schnee reichlich vorhanden.

des Zimmers bei Erwärmung sogar ab und bei Abkühlung zu. Die Luftteilchen, die infolge der Energieänderungen aus dem Zimmer herein- oder hinausgetrieben werden, nehmen außer der thermischen Energie noch sich selbst mit, und damit die chemische Bindungsenergie der Luftmoleküle, die Energie der Atomkerne und was man sonst noch berücksichtigen möchte. Frostiger oder kuscheliger wird es durch diese Energiebeiträge natürlich trotzdem nicht.

Bei unseren Überlegungen haben wir allerdings stets typisch physikalisch argumentiert, also »Nebeneffekte« wie den Einfluss der Wände oder das durch die Rotweinflasche veränderte Luftvolumen geflissentlich vernachlässigt.

Dennoch haben wir eine zentrale Erkenntnis gewonnen: Wollen wir es im Zimmer warm haben, kommt es keineswegs nur auf die Energie an. Das zeigt auch eine weitere, fundamentale Überlegung. Denn obwohl mancher das Gegenteil vermuten würde, wird Energie weder erzeugt noch vernichtet. Anders gesagt: Sie besitzt die grundlegende Eigenschaft, immer und unter allen Umständen erhalten zu bleiben. Diesen Satz von der Energieerhaltung nennen Wissenschaftler auch den ersten Hauptsatz der Thermodynamik.

Wäre der erste Hauptsatz jedoch schon die ganze Wahrheit, gäbe es keine

Energiekrise noch wäre es gerechtfertigt, für Energie Geld zu zahlen. Denn dann wäre es beispielsweise möglich, dass die auch in kalter Umgebung reichlich vorhandene thermische Energie von selbst ins warme Zimmer fließt und so die Temperatur erhöht. Doch das geschieht nicht, wie uns die Erfahrung lehrt: Wärme geht immer nur von warm nach kalt über und nicht umgekehrt. Dieses Erfahrungswissen drückt der zweite Hauptsatz der Thermodynamik aus. Anschaulich gesprochen besagt er, dass jeder von selbst ablaufende Vorgang mit der Dissipation von Energie verbunden ist, also mit der Abgabe von Wärme an die Umgebung.

### Entscheidende Größe: die Entropie

Um diesen Sachverhalt allgemein zu erfassen, haben Thermodynamiker schon vor langer Zeit eine neue Größe eingeführt: die Entropie. Diese Größe wächst, wenn Energie dissipiert wird. Und deshalb kann der zweite Hauptsatz, der auch Entropiesatz heißt, so formuliert werden: Läuft ein Vorgang von selbst ab, wächst die Entropie oder bleibt zumindest konstant. Ein Zimmer wird freilich nicht von selbst warm, ein Ball schnell nicht von selbst in die Höhe und ein Luftballon bläst sich nicht von selbst auf. Denn bei all diesen Vorgängen würde die Entropie abnehmen.

Trotzdem ist es möglich, dass Wärme von kalt nach warm fließt – wenn wir entsprechend nachhelfen. So nutzen manche Heizungsanlagen die Energie der kalten Außenluft oder des kalten Grundwassers. Weil dabei die Entropie verringert wird, funktioniert das nicht von selbst, wohl aber durch den Einsatz von Wärmepumpen. Die wiederum dissipieren (meist elektrische) Energie, was letztlich so viel Entropie erzeugt, dass die Entropieabnahme in der Gesamtbilanz zumindest kompensiert wird.

Kommen wir auf den Ausgangspunkt zurück und fragen, wie es möglich ist, dass die Temperatur im Zimmer durch das Heizen steigt, obwohl die Energie konstant bleibt. Entscheidend ist, dass dabei die Teilchenzahl abnimmt! Da die Temperatur eng mit der ungeordneten thermischen Bewegung, genauer: der mittleren Bewegungsenergie der Luftteilchen, verknüpft ist, verteilt sich die Energie folglich auf weniger Teilchen. Diese besitzen nunmehr eine größere mittlere Bewegungsenergie – und wir spüren eine höhere Temperatur. ∞

### DER AUTOR



#### H. Joachim Schlichting

ist Professor und Direktor des Instituts für Didaktik der Physik an der Universität Münster. 2008 erhielt er den Pohl-Preis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft für seine didaktischen Konzepte.

### QUELLEN

**Emden, R.:** Why Do We Have Winter Heating? In: *Nature* 141, S. 908–909, 1938

**Schlichting, H.J.:** Von der Energieentwertung zur Entropie. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule* 49, S. 7–11, 2000

**Schlichting, H.J.:** Von der Dissipation zur Dissipativen Struktur. In: *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule* 49, S. 12–16, 2000

[www.spektrum.de/artikel/1055752](http://www.spektrum.de/artikel/1055752)  
Kostenloser Download der beiden Artikel von H.J. Schlichting