

## 1. Was ist Wärme?

**1** **i** Ist Wärme ein Stoff? Oder hat Wärme etwas mit Bewegung zu tun? Die Frage nach dem Wesen der Wärme hängt mit der Frage nach dem Aufbau der Materie zusammen. Die Schüler des griechischen Philosophen **Aristoteles (384 - 322 v. Chr.)** würden sagen, Materie ist etwas Kontinuierliches und Wärme ist eines der vier Elemente (Erde, Feuer, Luft, Wasser), welche alles zusammensetzen. Die Schüler von **Demokrit (460 - 371 v. Chr.)** würden sagen, Materie ist aus kleinsten Einheiten, den Atomen, aufgebaut, die sich im leeren Raum ewig bewegen. Die Wärme hat etwas mit den Bewegungen der Atome zu tun. Diese Streitfrage konnte lange nicht entschieden werden. Aufgrund der Lektüre des Textes aus R. Sexl: *Was die Welt zusammenhält*, Seiten 97 und 98, können Sie **einen Grund** dafür angeben, warum schliesslich doch die "Atomisten" näher bei der Wahrheit sind als die "Aristoteliker".

### Ziele dieses Kapitels

1. Sie können einige Schlüsselexperimente beschreiben, welche die Existenz der Atome nahe legen.

[1] Was ist Wärme? Viele Antworten wurden im Laufe der Geschichte auf diese Frage versucht. Bemerkenswert ist schon die Fragestellung. Üblicherweise kann die Naturwissenschaft Fragen der Form "Was ist ...?" nicht beantworten. "Was ist Schwerkraft? Was ist eigentlich Elektrizität?" Vor diesen Fragen muss auch heute jeder Naturwissenschaftler kapitulieren. Er kann sie nur durch einen Hinweis auf die Gesetze beantworten, die für diese Kräfte gelten. Warum es die Kräfte gibt und warum sie gerade den Gesetzen gehorchen, die eine lange Geschichte mühsam aufdeckte, dazu weiss die Physik nur wenig zu sagen. ...


[2] Was ist Wärme? Im 18. Jahrhundert wäre die Antwort eindeutig gewesen: "Wärme ist ein gewichtsloser Stoff mit dem Markennamen 'Caloricum', der beim Erwärmen auch in die feinsten Poren eines Körpers eindringt." Viele Beobachtungen sprachen für diese Antwort. Beispielsweise sollte das eindringende Caloricum zu einer Ausdehnung des Körpers führen. Diese Ausdehnung wird beim Erwärmen auch tatsächlich beobachtet und dient im Quecksilberthermometer sogar als Temperaturmass. Aber auch andere Effekte lassen sich mit der Caloricumtheorie erklären: Drückt man ein Gas – etwa mit einer Fahrradpumpe – zusammen, so quillt das Caloricum gleichsam aus allen Poren der Pumpe heraus, wie die Erfahrung lehrt. Gar überzeugende Argumente sprachen für die Stofftheorie der Wärme!

[3] Nicht alle Forscher teilten diese Meinung. Bei der Arbeit an einem der wichtigsten Gebrauchsgüter der Zeit, beim Ausbohren von Kanonen, stellte Graf Rumford um 1800 fest, dass durch Reibung wohl beliebig viel Wärme aus dem Stoff ausgetrieben werden kann. Sollte der Vorrat an Caloricum im Metall wirklich so gross sein, dass er sich auch durch langes Ausbohren nicht erschöpfen lässt? Zweifel kamen auf, und andere Erklärungen wurden gesucht.

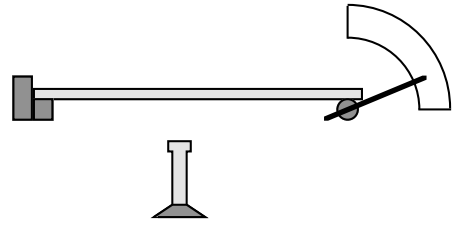
[4] Francis Bacon, Lord of Verulam (1561 - 1626) hatte bereits um 1600 Anhaltspunkte dafür gesammelt, dass Wärme eine Form der Bewegung ist. Eine unaufhörliche Bewegung der kleinsten Teilchen, der Atome, hatten ja bereits die antiken Atomisten vermutet. Doch erst im Laufe des 19. Jahrhunderts konnten die antiken Spekulationen und die unsystematischen Beobachtungen Lord Bacons – er hatte unter anderem auch die Wärmeentwicklung von Misthaufen in seine Betrachtungen einbezogen – zu einer quantitativen Theorie ausgebaut werden, die sich in immer neuen Experimenten bewährte. Es war ein dramatisches Ringen, bei dem sowohl die technisch wichtige Wärmelehre, als auch die theoretisch bedeutende Atomistik auf dem Spiel stand.

[5] Zahlreiche Physiker traten in diesem Drama auf, dessen Ausstrahlungen unter anderem Friedrich Nietzsche (1844 - 1900) zu einem kurzen Zwischenspiel in der Physik verführten. Schienen doch die Ergebnisse der Atomisten darauf hinzuweisen, dass sich der Lauf der Welt in ewigen Kreisen wiederholt. "Alles schon einmal da gewesen" schien nach den Ergebnissen des französischen Physikers Henri Poincaré (1854 - 1912) zum physikalischen Theorem zu werden. Auch ein Russe, der sich in seinem Londoner Exil langweilte, beschäftigte sich mit den neuen Ergebnissen der Physik. Ein Buch über "Empiriekritizismus und Materialismus" war das Ergebnis dieser Studien. Es bildet nunmehr den 14. Band der gesammelten Werke von Wladimir Illjitsch Lenin (1870 - 1924).

[6] Physik, Metaphysik, Philosophie, Politik und Theologie waren die Akteure des folgenden Dramas. Am Ende wurde die Wärme zur Bewegungsform erklärt und Materie aus Atomen aufgebaut.

- 2  Zur Verdeutlichung des **aristotelischen** und **atomistischen** Standpunktes interpretieren wir ein einfaches Experiment zur **Längenausdehnung** auf die zwei erwähnten Arten.

Sie erkennen also, dass mit diesem Experiment weder auf die Beschaffenheit der Materie noch auf das Wesen der Wärme geschlossen werden konnte. Erst die im Text unter **1** aufgeführten Überlegungen gaben der atomistischen Sichtweise mehr Gewicht.




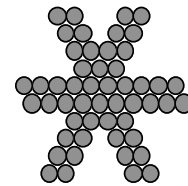
- 3  **Die Brownsche Bewegung**


Ein weiterer Grund, der für die atomistische Vorstellung für die Wärme spricht, wird durch die Beobachtung von **Robert Brown (1773 – 1858)** geliefert. Protokollieren Sie die entsprechenden Beobachtungen und Erläuterungen, die Ihnen im Unterricht gegeben werden:

- Beschreiben Sie zuerst möglichst zutreffend, **was** Sie gesehen haben.
- Erklären** Sie anschliessend diese Beobachtung.
- Geben Sie sodann eine allgemeine **Definition** der Brownschen Bewegung an.


### Die Brownsche Bewegung

- 4  **John Dalton (1766–1844)** machte Beobachtungen, welche mit Hilfe der Atomhypothese besonders einfach zu verstehen sind. Er erklärt die **regelmässige Form der Schneeflocken** durch die regelmässige Anordnung der Atome. Das präzise Studium von chemischen Reaktionen führt Dalton auf Gesetze die mit der Atomvorstellung besonders einfach zu verstehen waren. Vielleicht hören Sie mehr davon in der Chemie.



- 5  Die Atomhypothese führt offenbar zu sehr einfachen Erklärungsmodellen. Diese **Einfachheit** überzeugt. Je besser eine Theorie ist und je überzeugender, desto einfacher ist sie auch.


Das erkennen Sie auch gut an den Ausführungen des folgenden Kapitels. Die **Aggregatzustände** sind mit der Atomhypothese sehr einfach zu verstehen, ebenso gewisse Eigenschaften der Materie im Zusammenhang mit Wärme.

- 6  Wir verwenden im Physikunterricht das **einfachste atomistische Modell** (siehe Kasten). Vorläufig unterscheiden wir noch nicht (oder nur sehr selten) zwischen Teilchen, Atomen und Molekülen. Die unregelmässige, ungeordnete Bewegung der Atome nennen wir **thermische Bewegung** oder **Molekularbewegung**. Die **Temperatur** ist ein **Mass für die mittlere Heftigkeit der thermischen Bewegung**.

**Materie ist aus Teilchen (Atomen) aufgebaut.**

**Die Atome sind in ständiger Bewegung (thermische Bewegung). Die Bewegungen der Atome sind umso heftiger, je wärmer die Materie ist.**

**Zwischen den Atomen wirken anziehende Kräfte. Wenn die Atome einander zu nahe kommen, wirken abstossende Kräfte.**

- 7  Halten Sie unter dieser Nummer die **Ergänzungen** fest, die wir im Unterricht zu diesem Kapitel (vielleicht) gemacht haben.

- Wir haben keine Ergänzungen gemacht.  
 Ja, wir haben Ergänzungen vorgenommen, nämlich: