

# Mikroskopisch – makroskopisch

## Gegenstand

Nach allgemeiner Auffassung ist die Entropie eine schwierige physikalische Größe. Ein wahres Verständnis bekommt man erst dann, wenn man Klarheit über ihre mikroskopische Bedeutung hat, nämlich entweder als ein bestimmtes Charakteristikum einer Wahrscheinlichkeitsverteilung oder, etwas anschaulicher, als Maß für die Unordnung in der Besetzung der Mikrozustände eines Systems, oder auch als Maß für die in den Mikrozuständen gespeicherte Information.

## Mängel

1. Die phänomenologische Thermodynamik ist eine Theorie, die statistische Thermodynamik eine andere. (Bei der sich an der Informationstheorie orientierenden Interpretation wird nur eine andere Sprache benutzt. Die Theorie ist im Wesentlichen dieselbe wie die der statistischen Thermodynamik.) Eine Theorie ist eine mathematische Beschreibung eines bestimmten Bereichs der Natur. Sie ist ein mathematisches Modell dieses Bereichs. Man kann zu jeder Klasse von Naturerscheinungen mehrere Theorien erfinden. Die Theorien können sich darin unterscheiden, wie genau sie bestimmte Erscheinungen beschreiben, aber auch darin, welche Aspekte sie überhaupt wiedergeben. Es ist also im Allgemeinen nicht so, dass die eine Theorie falsch und die andere richtig ist. Ein bekanntes Beispiel sind die verschiedenen Theorien zur Beschreibung des Lichts. Eine davon ist die Strahlenoptik, eine andere die Wellenoptik, eine dritte die Thermodynamik des Lichts und eine vierte die Quantenelektrodynamik. Jede dieser Theorien hat ihre Berechtigung. Es würde niemandem in den Sinn kommen, zu behaupten, dass wir die Strahlenoptik nicht mehr brauchen, da wir die Quantenelektrodynamik haben. Es kann passieren, dass eine Theorie für die Beschreibung einer Erscheinung völlig nutzlos wird. So hilft uns etwa die Quantenelektrodynamik nicht weiter, wenn wir eine Linse berechnen wollen. Aber auch die Wellenoptik wird dafür nur am Rande gebraucht.

Aus dieser Sicht ist die phänomenologische Thermodynamik, nicht schlechter als die statistische. Und es ist ganz normal, dass für bestimmte Probleme die phänomenologische Thermodynamik gut zu gebrauchen ist, und die statistische nicht weiter hilft, und umgekehrt.

2. Man kann die Natur auf den verschiedensten Größenskalen oder Komplexitätsebenen beschreiben. Die Erwartung ist, dass es in die Richtung des kleinen immer einfacher wird. Man sucht nach dem Unteilbaren (Atom), dem Elementaren, nach den punktförmigen Teilchen, entdeckt aber immer wieder, dass das Ziel, sobald man einen Schritt weiter ins Mikroskopische eindringt, einen Schritt weiter wegrückt. In der anderen Richtung wird es aber nicht immer chaotischer und unübersichtlicher, wie man vielleicht befürchten könnte, sondern aus der Komplexität wachsen immer wieder neue einfache Gesetze heraus. Aus dieser Betrachtung kann man schließen, dass gewiss nicht gilt, dass die mikroskopische Beschreibung fundamentaler ist als die makroskopische. Auch aus dieser Sicht ist also die phänomenologische Thermodynamik nicht schlechter oder weniger fundamental als die statistische.

3. Für den Gebrauch in der Schule und der Einführungsvorlesung in die Thermodynamik und die Phänomene, die dort abgehandelt werden oder werden sollten, ist die phänomenologische Thermodynamik viel geeigneter als eine mikroskopische Betrachtung. Die Entropie ist, wenn sie nur geeignet eingeführt wird, eine besonders anschauliche Größe. Der Umgang mit ihr ist so einfach, dass jedes Kind damit zurechtkommt. Und man kommt im Nu zu einer unverkrampften Beschreibung der wichtigsten thermischen Erscheinungen, und zwar quantitativ: Wärmeinhalt, Wärmeleitung, Phasenübergänge, thermische Maschinen und deren Wirkungsgrad. Die drei so genannten Hauptsätze erscheinen als Selbstverständlichkeiten.

4. Niemand käme wohl auf die Idee zu behaupten, man verstünde die Vorgänge in einem elektrischen Stromkreis mit einem Widerstand nur dann, wenn man die mikroskopische Deutung des spezifischen Widerstandes, nämlich den Mechanismus der Elektron-Phonon-Kopplung verstanden hat. Niemand käme auf die Idee, die Mechanik damit zu beginnen, dass man die mikroskopische Deutung oder Ursache der Masse behandelt, nämlich über das Higgsfeld. Die mikroskopische Ursache dafür, dass Teilchen wie Elektronen oder Quarks (und damit Protonen) diejenige Masse haben, die sie haben, ist noch nicht einmal ganz geklärt, und man könnte sogar sagen, dass der Zustand der Physik noch ganz provisorisch ist, solange man für diese merkwürdigen Werte keine Erklärung hat. Das hindert uns aber nicht daran, Newtonsche Mechanik zu machen, und uns die Masse vorzustellen als ein Maß für Trägheit und Schwere. Den Wert der Elektronenmasse misst man einfach oder man schlägt in einer Tabelle nach, und man fragt nicht weiter nach dem Warum oder Woher.

## Herkunft

Das Zurückführen aufs Kleine und das Zurückführen auf die Mechanik, war für viele Forscher im 19. Jahrhundert wissenschaftliches Programm, und es gab damals gute Gründe, dieses Programm für vernünftig zu halten. Alles schien sich ihm unterzuordnen. Die Mechanik war perfektioniert und ihre Theorie hatte gegenüber dem Rest der Physik einen hundertjährigen Vorsprung. So wurde auch in allen anderen Naturerscheinungen die Mechanik gesucht, und diese Suche war zunächst sehr erfolgreich. Für Maxwell war seine Elektrodynamik eine mechanische Theorie des Äthers. Mit der kinetischen Gastheorie und die statistischen Physik konnten die thermischen Phänomene auf die Mechanik zurückgeführt werden. Es sah also aus, als könnte alles physikalische Geschehen auf die Mechanik, und das heißt auf die Bewegung und die Wechselwirkung kleiner elementarer Körperchen zurückgeführt werden, und dass dies die ultimative Erklärung für das ganze Naturgeschehen ist. Erst nach 1900 zeigte sich, dass die nicht-mechanischen Theorien die robusteren waren, und dass die mechanischen Beschreibungen eine ganze Menge Fiktion enthielten.

## Entsorgung

Man führt in der Wärmelehre die Entropie so ein, wie man die Masse in der Mechanik einführt: als direkt messbare Größe, mit der sich eine sehr einfache Anschauung verbinden lässt. Wie die Masse ein Maß für Trägheit und Schwere ist, so ist die Entropie ein Maß für den Wärmeinhalt. Die so eingeführte Masse ist eine tragfähige Größe für die ganze klassische Mechanik bis zum Niveau von Universitätsphysik und weiten Bereichen der technischen Mechanik. Entsprechend ist die so eingeführte Entropie eine tragfähige Größe für die ganze klassische Thermodynamik bis zum Niveau von Universitätsphysik und weiten Bereichen der technischen Thermodynamik.