

Vorwort zu Band 5

Die Theorie der Wärme spielt eine Sonderrolle in der Theoretischen Physik. Wegen ihrer Allgemeinheit erfüllt sie eine Art Brückenfunktion zwischen so verschiedenen Gebieten wie der Theorie der Kondensierten Materie, der Elementarteilchenphysik, der Astrophysik und der Kosmologie. Als klassische Thermodynamik beschreibt sie überwiegend gemittelte Eigenschaften von Materie, angefangen mit Systemen aus wenigen Teilchen, über die Aggregatzustände der uns umgebenden Materie bis hin zu stellaren Objekten, ohne auf die Physik der elementaren Bausteine einzugehen. Diese Facette der Theorie reicht weit in die klassische Physik der kondensierten Materie hinein. In ihrer statistischen Interpretation umfasst sie dieselben Themen und Gebiete, geht aber in größere Tiefe und vereinheitlicht die klassische statistische Mechanik mit der Quantentheorie von Vielteilchen-Systemen.

Im ersten Kapitel beginne ich mit den Grundbegriffen der Thermodynamik und den empirischen Variablen, die man zur Beschreibung thermodynamischer Systeme im Gleichgewicht braucht. Solche Systeme leben auf niederdimensionalen Mannigfaltigkeiten. Die Variablen, die auf vielerlei Weise gewählt werden können, sind Koordinaten auf diesen. Die Definitionen der wichtigsten thermodynamischen Gesamtheiten, die sich an den im Labor vorgegebenen Randbedingungen orientieren, werden durch einfache Modelle illustriert. Das zweite Kapitel behandelt die thermodynamischen Potentiale und deren Zusammenhang über Legendre-Transformation, stetige Zustandsänderungen, über Kreisprozesse bis hin zu den Hauptsätzen der Thermodynamik.

Kapitel 3 beleuchtet einige geometrische Aspekte der Thermodynamik von Systemen im Gleichgewicht. Der erste und der zweite Hauptsatz erhalten in ihrer geometrischen Interpretation eine besonders einfache und transparente Gestalt. Auch der Begriff der latenten Wärme wird in diesem Rahmen klarer verständlich. Bei Systemen, die nur von zwei thermodynamischen Variablen abhängen, stellt sich eine interessante Parallele zu Lagrange'schen Mannigfaltigkeiten der Mechanik heraus.

In Kapitel 4 behandle ich die wichtigsten Begriffe der statistischen Theorie der Wärme, darunter Wahrscheinlichkeitsmaße und Zustände in der Statistischen Mechanik, die durch die drei Statistiken illustriert werden, die klassische, die fermionische und die bosonische. Besonders instruktiv ist der direkte Vergleich der klassischen Statistik und der Quantenstatistik, der in diesem Rahmen möglich wird.

Kapitel 5 behandelt zunächst Phasengemische und Phasenübergänge, sowohl im Rahmen der Gibbs'schen Thermodynamik als auch mit Methoden der Statistischen Mechanik. Der letzte große Abschnitt des Kapitels behandelt – als Novum – das Problem der Stabilität der Materie, das erst relativ

spät, rund ein halbes Jahrhundert nach Entdeckung der Quantenmechanik, gelöst wurde. Hier begegnen sich klassische Mechanik, Quantentheorie und Thermodynamik zu einer schönen Synthese anhand einer grundlegenden Frage, die wir ohne deren positive Beantwortung gar nicht hätten stellen können.

Den Stoff dieses Bandes habe ich in Kursen an der Johannes Gutenberg-Universität erprobt. Ich danke den teilnehmenden Studenten und Studentinnen, sowie den betreuenden Assistenten für Diskussionen, für ihre kritischen Fragen und mancherlei Anregungen.

Die Zusammenarbeit mit dem Springer-Verlag in Heidelberg und mit der LE-TeX GbR in Leipzig war wie immer ausgezeichnet und effizient. Hierfür danke ich besonders Herrn Dr. Thorsten Schneider bei Springer, der die ganze Reihe umsichtig und konstruktiv betreut, sowie Herrn Tom Schmidt von der LE-TeX Gruppe für viele Tipps und technische Hilfe vor der Erarbeitung der Originaldateien.

Mainz, Juni 2008

Florian Scheck