

Kapitel 1

Thermodynamik und Statistische Physik - Vorbemerkungen

Die Thermodynamik ist wesentlich älter als die Quantenmechanik; sie stellte im 19. Jahrhundert das wesentliche Standbein der Physik dar. Hauptgegenstand sind die Wärmelehre, das thermodynamische Gleichgewicht, Phasen und Phasenübergänge, sowie Ausgleichsphänomene (z.B. Wärmetransport).

Sie leistet auch heute noch einen sehr wichtigen Beitrag, gerade auch zur modernen Physik, wie etwa zu Wachstumsprozessen von Kristallen und Nanopartikeln, thermodynamische Aspekte von Lasern, Supraleitung, und vielem mehr, oft und gerade auch in Kombination mit der Quantenmechanik.

Kernpunkt der Thermodynamik sind thermodynamische **Zustandsgrößen** wie Energie, Entropie, Temperatur, Druck, Volumen, etc. sowie die **thermodynamischen Potentiale** (Enthalpie, freie Energie, etc.) und ihre Ableitungen nach den thermodynamischen Zustandsgrößen (z.B. Wärmekapazität $C = \partial E / \partial T$).

Während in früheren Zeiten thermodynamische Potentiale empirisch vorgegeben wurden, besteht heute ein wichtiger Zugang darin, sie mittels statistischer Methoden auszurechnen — hier liegt die Schnittstelle zur **Statistischen Physik** bzw. **Statistischen Mechanik**.

Während in der klassischen Mechanik bzw. Quantenmechanik die Physik eines einzelnen Teilchens (oder weniger Teilchen) im Vordergrund steht, die durch entsprechende Vorgaben und Kontrollparameter vollständig bestimmt ist, so befasst sich die Thermodyna-

mik mit großen Ensembles von Teilchen, deren individuelle Physik (Trajektorie bzw. Wellenfunktion/Zustand) weder zugänglich noch interessant sind. Statt dessen ist das "gemittelte" Verhalten aller Teilchen von Bedeutung.

Bei den Zustandsgrößen unterscheidet man zwischen **extensiven** Größen, d.h. solchen, die mit der Systemgröße skalieren (Volumen, Teilchenzahl, innere Energie, Entropie, ...) und **intensiven** Größen, d.h. solchen, die bei gedanklicher Vergrößerung/Verdoppelung des Systems gleichbleiben (Druck, Dichte, Temperatur, chemisches Potenzial, ...).

Die Zustandsgrößen sind im allgemeinen nicht unabhängig voneinander, sondern sind durch **Zustandsgleichungen** aneinander gekoppelt. In der Regel ist ein System durch eine (kleine) Zahl an **unabhängigen** Zustandsgrößen vollständig charakterisierbar (beim idealen Gas z.B. Volumen, Teilchenzahl und Temperatur); die anderen Zustandsgrößen ergeben sich dann aus den Zustandsgleichungen, wie z.B. der Druck p aus der Zustandsgleichung $pV = Nk_B T$. Die Zustandsgleichungen leiten sich ihrerseits aus den thermodynamischen Potenzialen ab, und die resultieren aus statistischen Betrachtungen.