

Vorwort

Das Ziel dieses Buches ist, das Fach „Statistische Physik“ in einer Weise darzustellen, die auf klar definierten Ausgangspunkten („Postulaten“) beruht, modern und anwendungsbezogen ist und möglichst effektiv und transparent von den Grundsätzen zu diesen Anwendungen führt. Hierbei soll das Buch den an deutschen Universitäten üblichen Kanon abdecken. Damit das Buch optimal als Begleitliteratur zu Vorlesungen über „Statistische Physik“ geeignet ist, sind bewusst keine Themengebiete aufgenommen, die in diesem Kanon nicht enthalten sind. Jedes „kanonische“ Themengebiet wird allerdings hinreichend ausführlich behandelt, damit es den Dozent(inn)en möglich ist, innerhalb der Grenzen des Kanons eine ihrem Geschmack und ihren Interessen entsprechende Auswahl zu treffen. Das Ziel des Buches ist also eine flexibel („modular“) einsetzbare und dennoch klar fokussierte und kohärente Darstellung der „Statistischen Physik“. Hierbei sollen Konzepte von zentraler Bedeutung für die moderne Forschung wie „Dichteoperator“, „Vierteilchenentropie“ und „Variationsprinzipien“ im Vordergrund stehen. Generell wird versucht, die quantenmechanische Natur der Realität ernst zu nehmen; aus diesem Grund werden quantenmechanische Beispiele gegenüber klassischen bevorzugt. Bei jedem Beispiel werden, wenn möglich, jedoch auch das klassische Pendant und der klassische Limes diskutiert. Bereits im grundlegenden Kapitel über Thermodynamik werden auch Beispiele aus der Quantenphysik behandelt.

Dieses Buch ist für den Studiengang B.Sc. Physik konzipiert. Die Zielgruppen sind also primär Bachelorstudierende der Physik sowie Bachelorstudierende der Mathematik oder Chemie mit Nebenfach Physik. Das Buch kann aber auch in Teilen (z. B. „Thermodynamik“, „kinetische Theorie“) für physiknahe Studiengänge wie Meteorologie, Chemie, Astrophysik oder Ingenieurwissenschaften verwendet werden. Als Vorwissen werden Basiskonzepte auf den Gebieten der Mechanik, Elektrodynamik, Quantenmechanik und Mathematik vorausgesetzt. Die größte Herausforderung des Faches „Statistische Physik“ ist allerdings nicht primär die Schwierigkeit der hierfür erforderlichen Mathematik,¹ sondern eher – und dies trifft bereits für die Thermodynamik zu – die Tiefe der zugrunde liegenden Konzepte und die Anwendung auf vielfältige physikalische Phänomene.

Die Kursvorlesung über „Statistische Physik“ ist an deutschen Universitäten in der Regel eine Pflichtvorlesung, die also von allen Physikstudierenden gehört werden soll. Umso wichtiger ist es, die Ziele der Vorlesung möglichst transparent zu formulieren. In Kursvorlesungen über Theoretische Physik habe ich als Dozent schon oft die Fragen gehört: „Warum soll ich das lernen?“ oder „Warum ist diese Theorie für mich als Physiker(in) nützlich?“ Das Buch versucht, genau diese Fragen zu beantworten und dadurch die Motivation und Lernbereitschaft der Studierenden zu erhöhen. Wesentliche Elemente in der Wissensvermittlung sind auch die ausführlichen Erklärungen von Herleitungen und Berechnungen und die vielen hilfreichen Grafiken. Damit die „Theorie“ nicht allzu abstrakt wirkt, werden typische Anwendungen in Fallbeispielen behandelt. Weitere Fallbeispiele werden in den Übungsaufgaben aufgegriffen. Manche dieser Übungsaufgaben sind eher elementar, manche ausführlicher oder anspruchsvoller (als „P“ gekennzeichnet), manche eher

¹Nahezu alle für die Statistische Physik erforderlichen mathematischen Techniken sind z. B. bereits in Ref. [12] enthalten, die die Mathematik des ersten Jahrs eines Physikstudiums abdeckt.

als kleines „Projekt“ gedacht (als „PP“ gekennzeichnet), aber alle Übungsaufgaben haben das Ziel, den Stoff zu erläutern und teilweise auch zu ergänzen und vertiefen. Die Lösungsskizzen zu den Übungsaufgaben sind ein wichtiger Teil des didaktischen Konzepts. Sie sollen den Studierenden nicht nur zur Kontrolle dienen, ob die eigene Lösung korrekt ist, sondern auch einen *effizienten* Lösungsweg, eine physikalische Interpretation der Ergebnisse und gelegentlich auch Ausblicke aufzeigen.

Es sollte für interessierte Studierende sogar möglich sein, sich den Inhalt dieses Buches im Ganzen oder in Auszügen im Selbststudium zu erarbeiten, da Herleitungen und Erläuterungen zu den Berechnungen sehr ausführlich sind und zu jedem Kapitel eine Sammlung von Übungsaufgaben mit Lösungen enthalten ist. Sollte die Leserin oder der Leser Bedarf an weiteren Büchern über Statistische Physik haben, so könnten neben den im Haupttext zitierten Büchern auch Refn. [53, 48, 35, 24, 34, 16, 11] des beigefügten Literaturverzeichnisses empfohlen werden. Die an sich sehr interessanten Bücher [44] und [4] kommen eher für ein vertieftes Studium in Betracht. Speziell für besonders interessierte Studierende (oder für zeitintensivere Vorlesungen) werden auch einige weiterführende oder vertiefende Aspekte der „kanonischen“ Themen behandelt, die in der Regel physikalisch besonders interessant sind. Die entsprechenden Abschnitte sind durch einen Asterisk (*) gekennzeichnet, um anzugeben, dass man sie beim ersten Durchgang überspringen *kann* (aber natürlich nicht *muss*: Die Lektüre wird sogar dringend empfohlen).

Dieses Buch hat sich im Laufe der Jahre entwickelt aus Notizen zu Kursvorlesungen über „Statistische Physik“, die ich seit Anfang des Milleniums an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz gehalten habe. Für die Fertigstellung der ersten Version des zugrunde liegenden Skripts möchte ich mich herzlich bei meiner Sekretärin Frau Elvira Helf und bei Herrn Florian Jung bedanken. Sehr dankbar bin ich einem meiner ehemaligen Studierenden, Herrn M. Sc. Julian Großmann, meinen Kollegen Prof. Dr. Martin Reuter, Prof. Dr. Rolf Schilling und Jun.-Prof. Dr. Matteo Rizzi sowie meiner Frau, Dr. Irmgard Nolden, die das Manuskript komplett durchgearbeitet und durch viele Kommentare und Verbesserungsvorschläge sehr bereichert haben. Ganz offensichtlich liegt die Verantwortung für noch verbliebene weniger gelungene Formulierungen bei mir, und ich wäre meinen Lesern ggf. dankbar für eine entsprechende Mitteilung. Zu großem Dank bin ich auch dem Institut für Theoretische Physik der Universität zu Utrecht verpflichtet, an dem ich die Statistische Physik erstmals schätzen gelernt habe. Hierbei möchte ich zuallererst Prof. Dr. Matthieu Ernst nennen, von dem ich damals sehr viel gelernt habe, aber auch die Professoren Nico van Kampen, Theo Ruijgrok und Henk van Beijeren. Ich danke auch ganz herzlich Frau Margit Maly und Frau Stefanie Adam vom Lektorat Springer Spektrum sowie Herrn Alexander Reischert (Redaktion ALUAN) für ihre Unterstützung bei diesem Projekt.

Ich hoffe, dass sich dieses Buch über Statistische Physik für alle Leser(innen) als nützlich erweist, aber insbesondere für die Studierenden, für die es primär geschrieben wurde, und wünsche ihnen viel Erfolg und auch Spaß bei ihren ersten Schritten in die Welt der Vielteilchenphysik.

Mainz, im September 2017

Peter van Dongen

Statistische Physik

Von der Thermodynamik zur Quantenstatistik in fünf
Postulaten

van Dongen, P.

2017, XI, 484 S. 94 Abb., 48 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-55499-9