

Einige Anmerkungen zum *Teubner-Taschenbuch der statistischen Physik* von Günter und Matthias Vojta

Im 19. Jahrhundert verbreiteten Kompendien über Thermodynamik wesentliche Erkenntnisse in einem neuen physikalischen Fachgebiet, das sich mit Pionieren wie SADI CARNOT, HERMANN VON HELMHOLTZ, WILLIAM THOMSON und RUDOLF CLAUDIUS verbindet. Der vor 150 Jahren geborene MAX PLANCK gelangte schließlich am Anfang des 20. Jahrhunderts aus einem vertieften Verständnis dieses Fachgebietes auf den Weg zur Quantentheorie, die in den folgenden Jahrzehnten teilweise zusammen mit der Relativitätstheorie ALBERT EINSTEINS alle Disziplinen der Physik revolutionieren sollte. PLANCK selbst widmete 1897 sein erstes Lehrbuch der Thermodynamik, und sein Schüler MAX VON LAUE sah sich noch im Januar 1954, sechs Jahre nach dem Tod des Lehrers, genötigt, eine neue Auflage dieses alten Standardwerkes herauszugeben. In der Einleitung bemerkte VON LAUE:

„Es ist manchmal erschreckend, wie wenig selbst ausgereifte, kluge, sonst gut ausgebildete Forscher mit thermodynamischen Methoden umzugehen wissen. Darin liegt die buchhändlerische Rechtfertigung für die zehnte Auflage.“

Der Autor dieser Anmerkungen hat sie sich noch vor 50 Jahren als Student gekauft.

Allerdings traten im vergangenen Jahrhundert, nach der endgültigen Bestätigung der atomaren Struktur der Materie durch die PLANCK'sche Quantentheorie, in Forschung und Lehre der thermischen Vorgänge in der Materie die Methoden der von JAMES CLERK MAXWELL, LUDWIG BOLTZMANN und JOSIAH WILLARD GIBBS begründeten Statistischen Mechanik in den Vordergrund. PLANCK selbst trug bereits dieser Entwicklung in seinen späteren Vorlesungen Rechnung. Im 5. Band seiner daraus entstandenen *Einführung in die Theoretische Physik*, der *Theorie der Wärme*, brachte er in einem umfangreichen vierten Teil unter der Überschrift „Atomistik und Quantentheorie“ die wichtigsten Ergebnisse der damals vor allem von ihm selbst gefundenen und auf die Strahlungs- und Atomtheorie angewendeten statistischen Methoden. Heute beschreibt die Statistische Mechanik sowohl im klassischen als auch im mikroskopischen Bereich (natürlich in der quantenmechanischen Gestalt!) alle durch Temperatur bestimmten Eigenschaften der Materie nicht nur in der reinen und angewandten Physik und der physikalischen Technik, sondern auch in der Chemie und der Biologie. Darüber hin-

aus werden ihre Methoden in der Informationstheorie und der Chaostheorie gebraucht, die wiederum weit reichende Anwendungen im vielen Bereichen des natürlichen und menschlichen Lebens finden.

Das vorliegende, von GÜNTHER VOJTA und seinem Sohn MATTHIAS VOJTA verfasste *Teuber-Taschenbuch der Statistischen Mechanik* stellt, in ebenso zuverlässiger wie übersichtlicher Weise, auf Neudeutsch sozusagen „from the scratch“, die mathematischen und physikalischen Methoden in einem äußerst handlichen 500-seitigen Band zusammen. Dieser beginnt in Kapitel 1 elementar mit der „Kombinatorik“, wobei zunächst die zugehörigen mathematischen Methoden – wie kombinatorische Zahlen, Funktionen und Operationen – eingeführt werden.

Im Kapitel 2 werden dann die gebräuchlichen Begriffe von Wahrscheinlichkeit sowie ihre Grundlegung durch experimentelle und vornehmere mathematische Methoden, z. B. die Ergebnisalgebren und KOLMOGOROV-Axiomatik, vorgestellt. Dazu gehören ganz selbstverständlich die Begriffe von Zufallsgrößen, bedingten Wahrscheinlichkeiten und Korrelationen ebenso wie die „wahrscheinlichkeits-erzeugenden Funktionen“ oder die „Kumulanten“. Auch die wichtigsten stochastischen Prozesse werden hier behandelt.

Kapitel 3 wendet sich den besonderen Eigenschaften wahrscheinlichkeitstheoretischer Methoden in der Quantenmechanik zu. Es führt die grundlegenden Begriffe von Zuständen, Observablen, Erwartungswerten und Übergangswahrscheinlichkeiten ebenso ein wie die zur Lösung vieler Probleme wichtige Störungstheorie. Zusätzlich werden der Begriff vom „statistischen Operator“ in der Atomtheorie erläutert und die beiden Quantenstatistiken vorgestellt sowie ihre Rolle in der Methode der so genannten „zweiten Quantelung“.

Dagegen geht das Kapitel 4 auf die Thermodynamik von makroskopischen physikalischen Zuständen im Gleichgewicht ein (mit der Vorstellung der klassischen Begriffe von Zustandsgrößen, Temperatur, Entropie, Stoffmenge und chemisches Potential und der Beschreibung von Phasenumwandlungen einschließlich ihrer Erfassung durch die Theorie von LEV LANDAU). Daran schließt sich die Diskussion der Thermodynamik irreversibler Prozesse an, u. a. mit dem ONSAGER-Formalismus und seinen Erweiterungen sowie die Darstellung von Relaxationsprozessen, der Wärmeleitung und dissipativer Strukturen.

Dieser umfassenden thermodynamischen Methode wird die in Kapitel 5 behandelte „Statistische Theorie der Gleichgewichtssysteme“ gegenübergestellt. Es beginnt mit einer Einführung des Entropiebegriffes nach dem BOLTZMANN'schen Prinzip und den verschiedenen kanonischen und anderen Gesamtheiten und bringt dann die daraus entstehenden Zustandssummen. Die Darstellung der BOLTZMANN-Statistik und ihrer Anwendung in der klassischen Theorie schließen sich an, darauf die der beiden Quantenstatistiken für ideale Gase und die für Quasiteilchen und Spinsysteme verwendeten Statistiken und endlich die Statistik der Phasenumwandlungen.

Die nächsten Kapitel wenden sich der „Statistischen Physik der Systeme im Nichtgleichgewicht“ (Kapitel 6) zu, dann kommen die Beziehungen zwischen „Statistischer Physik und Informationstheorie“ (Kapitel 7) zur Sprache, auf die eine Darlegung der „Phasenraummethoden der Quantenstatistik“ (Kapitel 8) folgt. „Fraktaltheorie“ und „Perkultionstheorie“ werden in Kapitel 9 behandelt, „Theorie dynamischer Systeme, Chaostheorie und Ergodentheorie“ in Kapitel 10 und die „Statistische Thermodynamik chemischer Systeme“ in Kapitel 11. Die „Statistische Theorie biologischen Systeme“ bildet den Inhalt von Kapitel 12. Die „Synergetik“ und weitere Anwendungen der Methoden der statistischen Physik, darunter die Entwicklungen von Evolutionsgleichungen, Populations- und Migrationsdynamik, formen den Inhalt von Kapitel 13. Ein Verzeichnis, meist über neuere oder noch ältere zugängliche Literatur sowie eine Erklärung der wichtigsten Symbole fehlen natürlich keineswegs.

Man mag sich fragen, welche Rolle ein Taschenbuch über ein Thema mit so umfangreicher Anwendung in den Naturwissenschaften und der Technik heute, im Zeitalter der von „Google“ und ähnlichen Programmen zu erhaltenden Informationen noch spielen soll und kann. An dieser Stelle sollte die Antwort ein starkes „Ja“ werden, denn das von ausgezeichneten Experten in der Theorie und der praktischen Anwendung verfasste Handbuch erfüllt zwei gleich wesentliche Zwecke: Erstens informiert es wohl sorgfältiger, gezielter und umfassender als die vorliegenden elektronischen Programme, und zweitens lässt es sich leichter als ein Laptop in Muße sowohl zuhause als auch auf Bahn- und Flugreisen konsultieren. Daher sollte VOJTA-VOJTA „*Taschenbuch der statistischen Physik*“ noch viele Neuauflagen erleben und vielen Generationen von Wissenschaftlern und Technikern aus vielen Gebieten unentbehrlich werden.

Noch eine kleine, quasi historische Bemerkung sei zuletzt angefügt. Mein Doktorvater HEISENBERG liebte Vorlesungen über Thermodynamik nicht besonders, aber wenn er heute noch Kurse darüber halten müsste, würde er sicher vom Handbuch seines wissenschaftlichen Enkels GÜNTER VOJTA Gebrauch machen.

Dr. Helmut Rechenberg, München

Bemerkungen zu Kapitel 11 und 12 *Statistische Thermodynamik chemischer und biologischer Systeme*

„Beobachtung setzt immer eine Theorie voraus ...“

mit diesem Zitat leitet Prof. G. VOJTA sein Kapitel 11 ein. Allerdings ist die Statistik immer auch „Zuarbeiter“ für Fachdisziplinen und ein Beweis dafür, dass fachliche, naturwissenschaftliche (physikalische) Zusammenhänge nicht oder unzureichend erklärbar sind. Das ergibt für die Anwendung und den Erkenntnisgewinn natürlich kein Negativum!

Nachdem er aus der Sicht des Physikers das chemische System auf seine Sicht herunterbricht (System aus Atomkernen und Elektronen ...), gesteht er der Chemie als Fachdisziplin durchaus eigene Methodik zu, eine saubere Abgrenzung zur Physik kann er aber nicht erkennen, und das wäre sicherlich auch nicht sinnhaft.

Der Schwerpunkt liegt in seinem Buch natürlich auf der Statistischen Physik, die er in diesen Kapiteln auf die Chemie und die Biologie anwendet, aber immer unter dem Blickwinkel der Thermodynamik.

Für das chemische System definiert er entsprechende Erhaltungsgrößen über die Theorien der Gleichgewichtssysteme und der Prozesse. Er sieht die Arbeitsschwerpunkte im Einsatz in der Quantenstatistik, in wesentlich detaillierteren Modellen und in einer Erweiterung der Anwendung auf reaktive Systeme (partiell ionisiertes Gasplasma, bulk-Verfahren).

Im Weiteren führt er den Leser von den Grundlagen der Thermodynamik über die Massenwirkungsgesetze zur Statistischen Thermodynamik chemischer Gleichgewichtssysteme, die er dann auf chemische Reaktionen fokussiert. Besonderen Wert legt er die Nutzung des aktiven Komplexes.

Biologische Systeme aus dem Blickwinkel der Statistischen Theorie hält der Autor für sehr faszinierend und stellt dabei fest, dass er hier keine umfassenden Darstellungen geben könne – aufgrund der Vielfältigkeit und der Komplexität der biologischen Systeme. Im Verlauf des Textes werden Biopolymere analysiert und der Schwerpunkt liegt bei Proteinen und einer energetischen Betrachtung der Freien Energieformen:

„... Dabei fungiert schon bereits ein Polymerelement als ein kooperatives Vielteilchensystem mit Wechselwirkungen zwischen den Polymersegmenten.“

G. VOJTA vergleicht den Strukturwandel in Biopolymeren, ausgelöst durch beispielsweise Erwärmung, Änderung der Wasserstoffionenkonzentration usw., in erster Näherung als einen Phasenübergang im thermodynamischen Sinn. Veränderungen in der räumlichen Struktur ergeben bis zu einem gewissen Grad keine chemische Veränderung (analytisch). Auch hier wendet der Autor das Modell der Freien Energie an (Ordnungs-Unordnungs-Umwandlung), um Wechselwirkungen zwischen Struktur (Ordnung) und der reaktiven Umwelt zu beschreiben.

Dr. Karl-Michael Meiß, Leipzig