
Allgemeines Vorwort

Die acht Bände der Reihe „*Grundkurs Theoretische Physik*“ sind als direkte Begleiter zum Hochschulstudium Physik gedacht. Sie sollen in kompakter Form das wichtigste theoretisch-physikalische Rüstzeug vermitteln, auf dem aufgebaut werden kann, um anspruchsvollere Themen und Probleme im fortgeschrittenen Studium und in der physikalischen Forschung bewältigen zu können.

Die Konzeption ist so angelegt, dass der erste Teil des Kurses,

- *Klassische Mechanik* (Band 1)
- *Analytische Mechanik* (Band 2)
- *Elektrodynamik* (Band 3)
- *Spezielle Relativitätstheorie* (Band 4/1),
- *Thermodynamik* (Band 4/2),

als Theorieteil eines „*Integrierten Kurses*“ aus Experimentalphysik und Theoretischer Physik, wie er inzwischen an zahlreichen deutschen Universitäten vom ersten Semester an angeboten wird, zu verstehen ist. Die Darstellung ist deshalb bewusst ausführlich, manchmal sicher auf Kosten einer gewissen Eleganz, und in sich abgeschlossen gehalten, sodass der Kurs auch zum Selbststudium ohne Sekundärliteratur geeignet ist. Es wird nichts vorausgesetzt, was nicht an früherer Stelle der Reihe behandelt worden ist. Dies gilt insbesondere auch für die benötigte Mathematik, die vollständig so weit entwickelt wird, dass mit ihr theoretisch-physikalische Probleme bereits vom Studienbeginn an gelöst werden können. Dabei werden die mathematischen Einschübe immer dann eingefügt, wenn sie für das weitere Vorgehen im Programm der Theoretischen Physik unverzichtbar werden. Es versteht sich von selbst, dass in einem solchen Konzept nicht alle mathematischen Theorien mit absoluter Strenge bewiesen und abgeleitet werden können. Da muss bisweilen ein Verweis auf entsprechende mathematische Vorlesungen und vertiefende Lehrbuchliteratur erlaubt sein. Ich habe mich aber trotzdem um eine halbwegs abgerundete Darstellung bemüht, sodass die mathematischen Techniken nicht nur angewendet werden können, sondern dem Leser zumindest auch plausibel erscheinen.

Die mathematischen Einschübe werden natürlich vor allem in den ersten Bänden der Reihe notwendig, die den Stoff bis zum Physik-Vordiplom beinhalten. Im zweiten Teil des Kurses, der sich mit den modernen Disziplinen der Theoretischen Physik befasst,

- *Quantenmechanik: Grundlagen* (Band 5/1)
- *Quantenmechanik: Methoden und Anwendungen* (Band 5/2)
- *Statistische Physik* (Band 6)
- *Viel-Teilchen-Theorie* (Band 7),

sind sie weitgehend überflüssig geworden, insbesondere auch deswegen, weil im Physik-Studium inzwischen die Mathematik-Ausbildung Anschluss gefunden hat. Der frühe Beginn der Theorie-Ausbildung bereits im ersten Semester gestattet es, die *Grundlagen der Quantenmechanik* schon vor dem Vordiplom zu behandeln. Der Stoff der letzten drei Bände kann natürlich nicht mehr Bestandteil eines „Integrierten Kurses“ sein, sondern wird wohl überall in reinen Theorie-Vorlesungen vermittelt. Das gilt insbesondere für die „*Viel-Teilchen-Theorie*“, die bisweilen auch unter anderen Bezeichnungen wie „*Höhere Quantenmechanik*“ etwa im achten Fachsemester angeboten wird. Hier werden neue, über den Stoff des Grundstudiums hinausgehende Methoden und Konzepte diskutiert, die insbesondere für korrelierte Systeme aus vielen Teilchen entwickelt wurden und für den erfolgreichen Übergang zu wissenschaftlichem Arbeiten (Diplom, Promotion) und für das Lesen von Forschungsliteratur inzwischen unentbehrlich geworden sind.

In allen Bänden der Reihe „*Grundkurs Theoretische Physik*“ sollen zahlreiche Übungsaufgaben dazu dienen, den erlernten Stoff durch konkrete Anwendungen zu vertiefen und richtig einzusetzen. Eigenständige Versuche, abstrakte Konzepte der Theoretischen Physik zur Lösung realer Probleme aufzubereiten, sind absolut unverzichtbar für den Lernenden. Ausführliche Lösungsanleitungen helfen bei größeren Schwierigkeiten und testen eigene Versuche, sollten aber nicht dazu verleiten, „*aus Bequemlichkeit*“ eigene Anstrengungen zu unterlassen. Nach jedem größeren Kapitel sind Kontrollfragen angefügt, die dem Selbsttest dienen und für Prüfungsvorbereitungen nützlich sein können.

Ich möchte nicht vergessen, an dieser Stelle allen denen zu danken, die in irgendeiner Weise zum Gelingen dieser Buchreihe beigetragen haben. Die einzelnen Bände sind letztlich auf der Grundlage von Vorlesungen entstanden, die ich an den Universitäten in Münster, Würzburg, Osnabrück, Valladolid (Spanien), Warangal (Indien) sowie in Berlin gehalten habe. Das Interesse und die konstruktive Kritik der Studenten bedeuteten für mich entscheidende Motivation, die Mühe der Erstellung eines doch recht umfangreichen Manuskripts als sinnvoll anzusehen. In der Folgezeit habe ich von zahlreichen Kollegen wertvolle Verbesserungsvorschläge erhalten, die dazu geführt haben, das Konzept und die Ausführung der Reihe weiter auszubauen und aufzuwerten.

Die ersten Auflagen dieser Buchreihe sind im Verlag Zimmermann-Neufang entstanden. Ich kann mich an eine sehr faire und stets erfreuliche Zusammenarbeit erinnern. Danach

erschien die Reihe bei Vieweg. Die Übernahme der Reihe durch den Springer-Verlag im Januar 2001 hat dann zu weiteren professionellen Verbesserungen im Erscheinungsbild des „*Grundkurs Theoretische Physik*“ geführt. Den Herren Dr. Kölsch und Dr. Schneider und ihren Teams bin ich für viele Vorschläge und Anregungen sehr dankbar. Meine Manuskripte scheinen in guten Händen zu liegen.

Berlin, im April 2001

Wolfgang Nolting

Vorwort zu Band 4/1

Das Anliegen der Reihe „*Grundkurs Theoretische Physik*“ wurde bereits in den Vorworten zu den ersten drei Bänden definiert und gilt natürlich unverändert auch für den vorliegenden Band 4/1, der die *Spezielle Relativitätstheorie* zum Thema hat. Der Grundkurs ist als unmittelbarer Begleiter der Bachelor/Master-Studiengänge in Physik gedacht und richtet sich nach Auswahl und Reihenfolge der Themen nach den Anforderungen der meisten mir bekannten Studienordnungen. Gedacht ist dabei an einen Studiengang, der bereits im ersten Semester mit der Theoretischen Physik beginnt. Deshalb musste in den ersten drei Bänden dem für den Aufbau der Theoretischen Physik unverzichtbaren, elementaren mathematischen Rüstzeug ein relativ breiter Raum zugestanden werden. Die mathematischen Einschübe werden in den nun folgenden Bänden allerdings immer weniger häufig.

In früheren Auflagen war die *Spezielle Relativitätstheorie* in einem gemeinsamen Band 4 mit der *Thermodynamik* zusammengefasst. Das erfolgte nicht etwa aufgrund einer engen thematischen Beziehung zwischen diesen beiden Disziplinen, sondern wegen der erklärten Zielsetzung des Grundkurses, ein direkter Begleiter des Physik-Studiums sein zu wollen. Die *Spezielle Relativitätstheorie* zählt zu den klassischen Theorien und wird als solche zeckmäßig im Anschluss an die *Klassische Mechanik* und *Elektrodynamik* besprochen. Deswegen gehört sie mit ihrem relativistischen Ausbau der Mechanik (Bände 1 und 2) und vor allem der Elektrodynamik (Band 3) genau an diese Stelle (Band 4). Die *Thermodynamik* wäre thematisch natürlich besser bei der *Statistischen Mechanik* aufgehoben, die ihrerseits jedoch als *moderne, nicht-klassische Theorie (Quantenstatistik)* erst zu einem späteren Zeitpunkt des Studiums angeboten werden kann, nämlich nachdem die *Quantenmechanik* (Bände 5/1 und 5/2) behandelt wurde. Die klassische, phänomenologische *Thermodynamik* bezieht ihre Begriffsbildung direkt aus dem Experiment, benötigt deshalb im Gegensatz zur *Quantenstatistik* noch keine quantenmechanischen Elemente. Sie ist in der Regel ein Modul des Physik-Bachelor-Programms und muss deshalb in den ersten (klassischen) Teil des Grundkurses eingebaut werden. Das kann allerdings sowohl vor als auch nach der *Elektrodynamik* erfolgen. Die Position der *Thermodynamik* ist in einem solchen Grundkurs anders als die der *Speziellen Relativitätstheorie* also nicht eindeutig. Das spiegelt sich in der Tat auch in den Bachelor-Studienprogrammen der verschiedenen Universitäten wider. Um dieses anzudeuten und natürlich auch wegen des fehlenden thematischen Überlapps,

werden in der vorliegenden Neuauflage *Spezielle Relativitätstheorie* (Band 4/1) und *Thermodynamik* (Band 4/2) in zwei eigenständigen Bänden dargestellt. Während Band 4/1 die Kenntnis der Bände 1, 2, 3 voraussetzt, kann die Beschäftigung mit der *Thermodynamik* in Band 4/2 auch vorgezogen werden

Die *Spezielle Relativitätstheorie* des vorliegenden Bandes 4/1 befasst sich mit der Abhängigkeit physikalischer Aussagen vom Bezugssystem des Beobachters. Wichtig sind dabei die Inertialsysteme, in denen das Newton'sche Trägheitsgesetz ohne Mitwirkung von Scheinkräften Gültigkeit hat. Nach dem *Einstein'schen Äquivalenzpostulat* sind Inertialsysteme grundsätzlich physikalisch gleichberechtigt. Sie werden jedoch nicht durch die *Galilei-Transformation* der nicht-relativistischen Mechanik, sondern durch *Lorentz-Transformationen* ineinander überführt. Deren wichtigste Konsequenz besteht in einer Verknüpfung von Raum- und Zeitkoordinaten, aus der sich eine Reihe von zum Teil recht spektakulären Phänomenen ableiten lässt, die auf einen ersten oberflächlichen Blick sogar dem gesunden Menschenverstand zu widersprechen scheinen. Begriffe wie *Raum*, *Zeit* und *Gleichzeitigkeit* müssen neu überdacht werden. Aus dem zweiten Einstein'schen Postulat, dass die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zu allen Zeiten und an allen Orten konstant und zudem vom Bewegungszustand der Quelle unabhängig ist, lässt sich die spezielle Form der Lorentz-Transformationsmatrix ableiten. Das Hauptanliegen der *Speziellen Relativitätstheorie* besteht darin, die physikalischen Gesetze und Schlussfolgerungen der Mechanik und Elektrodynamik auf ihre Kompatibilität gegenüber Lorentz-Transformationen zwischen Inertialsystemen zu überprüfen. Abweichungen der relativistisch korrekten Mechanik von der „vertrauten“ Newton-Mechanik werden vor allem dann deutlich, wenn die Relativgeschwindigkeiten physikalischer Systeme mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar werden. Die *Spezielle Relativitätstheorie* führt somit zu einer *übergeordneten* Klassischen Mechanik, die die nicht-relativistische Formulierung als Grenzfall kleiner Relativgeschwindigkeiten enthält.

Das vorliegende Buch ist aus Manuskripten zu Vorlesungen entstanden, die ich an den Universitäten in Würzburg, Münster, Warangal (Indien), Valladolid (Spanien) und Berlin gehalten habe. Die konstruktive Kritik der Studenten, meiner Übungsleiter und einiger Kollegen, mit Druckfehlerhinweisen und interessanten Verbesserungsvorschlägen für den Text- und den Aufgabenteil, war dabei wichtig und hat mir sehr geholfen. Gegenüber der Erstauflage, damals erschienen beim Verlag Zimmermann-Neufang, sind im Zuge der diversen Neuauflagen beim Springer-Verlag einige gravierende Änderungen in der Darstellung der *Speziellen Relativitätstheorie* vorgenommen und eine Reihe zusätzlicher Übungsaufgaben aufgenommen worden. Die Zusammenarbeit mit dem Springer-Verlag hat zu deutlichen Verbesserungen im Erscheinungsbild des Buches geführt. Für das bisher vermittelte Verständnis des Verlags im Hinblick auf das Konzept der Buchreihe und die faire und deshalb erfreuliche Zusammenarbeit, zuletzt insbesondere mit Frau Margit Maly, bin ich sehr dankbar.

Berlin, im Juli 2015

Wolfgang Nolting

Grundkurs Theoretische Physik 4/1

Spezielle Relativitätstheorie

Nolting, W.

2016, XII, 147 S. 15 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-49030-3