

Vorwort

Dieses Buch ist kein Lehrbuch im klassischen Sinn, aber es ist auch keineswegs ein populärwissenschaftliches Werk, in dem physikalische Phänomene lediglich auf qualitativem Niveau diskutiert werden und man auf Formeln völlig verzichtet.

Die Ausrichtung dieses Buches ist eine andere: Gerade wenn man sich mit einem so vielfältigen und detailreichen Gebiet wie der Physik beschäftigt, kann man leicht die Übersicht über die Zusammenhänge verlieren – oder sie im schlimmsten Fall gar nicht erst bekommen.

Zudem hat man oft nur die Möglichkeit, sich mit einem Thema sehr intensiv auseinanderzusetzen (etwa durch Besuch einer ganzen Vorlesung oder Durcharbeiten eines kompletten Lehrbuches). Ansonsten findet man dieses Thema bestenfalls als bloßen Ausblick irgendwo kurz erwähnt. Knappe und dennoch ernsthafte Darstellungen eines Gebietes sind typischerweise Mangelware.

Diese Darstellungen möchte das vorliegende Buch geben, in Form von ein- oder zweiseitigen Essays, in denen jeweils ein Schlüsselkonzept oder -phänomen der Physik diskutiert wird. Für das Buch als Ganzes standen drei Ziele im Vordergrund:

- Ein Anliegen war es, die Fundamente der wichtigsten Teilgebiete der Physik so zusammenzustellen, dass man sie sich innerhalb kurzer Zeit wieder ins Gedächtnis rufen kann. Zudem soll es dem Leser ermöglichen, schon bei erstmaligem Kontakt mit einem Thema zu erkennen, wo es einzuordnen ist und welche Querverbindungen zu anderen Gebieten bestehen.
- Zudem wollen wir aufzeigen, wie sich manche Konzepte quasi als rote Fäden durch weite Bereiche der Physik ziehen. Bei einigen, etwa der Energieerhaltung, ist das recht offensichtlich. Bei manchen Zusammenhängen jedoch, die anfangs entweder wie Selbstverständlichkeiten oder wie bloße Kuriositäten wirken, zeigt sich erst später, welch enorme Tragweite sie besitzen.
Ein Musterbeispiel dafür ist die Äquivalenz von träger und schwerer Masse, die – meist ohne dass auch nur darüber nachgedacht wird – im Newton'schen Gravitationsgesetz enthalten ist (\Rightarrow S. 18), die aber später zu einer wesentlichen Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie wurde (\Rightarrow S. 226).
Ein anderes Beispiel ist das Prinzip von Eichinvarianz und Eichfreiheit (\Rightarrow S. 64), das sich in der Elektrodynamik eher als Nebenprodukt ergibt, auf dem aber zu einem guten Teil jene Quantenfeldtheorien beruhen (\Rightarrow S. 250, S. 252, S. 256), die gemeinsam das Standardmodell der Elementarteilchenphysik bilden.
- Nicht zuletzt möchten wir Themen ansprechen, die vielleicht weniger fundamental, aber faszinierend und typischerweise auch von erheblichem Interesse sind. Zumeist sind auch diese von der Grundidee her nicht schwierig zu verstehen.

Die Auswahl der Themen ist natürlich in gewissem Ausmaß willkürlich. Während bei vielen Essays wohl breiter Konsens besteht, dass in der Tat Schlüsselkonzepte besprochen werden, führen einige doch deutlich über die Fundamente hinaus. Umgekehrt gibt es eine Vielzahl von Themen, gar ganzen Themenbereichen, die keinen Platz gefunden haben, so bedeutend, spannend und grundlegend sie auch sind.¹

Auch in den Beiträgen selbst konnten – schon aus Platzgründen – viele Tatsachen, die sicherlich erwähnenswert gewesen wären, nicht erwähnt werden. Auf einige davon wird in den Anmerkungen (ab Seite 295) eingegangen, wo sich meist auch Quellenangaben und Literaturhinweise finden.

Das Niveau der Essays ist durchaus unterschiedlich. Es kann sogar vorkommen, dass im gleichen Beitrag der gleiche Sachverhalt zweimal behandelt wird – einmal in einer leichtverdaulichen Darstellung und dann noch einmal etwas formaler und präziser, etwa bei der Darstellung der Quantenchromodynamik (\Rightarrow S. 252). In vielen Fällen werden Zusammenhänge in voller Allgemeinheit angegeben. Manchmal jedoch erschienen illustrative Beispiele hilfreicher als allgemeine Formeln.

Viele Essays hätten in mehr als einem Kapitel ihren Platz finden können. Das Planck'sche Strahlungsgesetz (\Rightarrow S. 104) beispielsweise würde zum Themenkomplex Licht (Kapitel 4) ebenso gut passen wie zur Thermodynamik (Kapitel 5), wo es letztlich untergebracht ist. Zugleich war dieses Gesetz auch der Anstoß zur Quantenmechanik (Kapitel 7) und strenggenommen sogar die erste Anwendung einer Quantenfeldtheorie (Kapitel 11). Das Ising-Modell (\Rightarrow S. 202) ist ein Modell zur Beschreibung des Magnetismus von Festkörpern und daher in Kapitel 8 untergebracht, zugleich ist es aber inzwischen eines der wichtigsten Modelle der Statistischen Physik (Kapitel 5) geworden, insbesondere zur Untersuchung von Phasenübergängen (\Rightarrow S. 106).

Viele Symbole werden in verschiedenen Gebieten der Physik in ganz unterschiedlichen Bedeutungen verwendet, μ kann etwa je nach Kontext eine reduzierte Masse, eine materialabhängige Permeabilität oder der Betrag eines magnetischen Moments sein. Zudem sind für die gleiche Größe teils mehrere unterschiedliche Symbole üblich, etwa W und E für die Energie.

Beim Recherchieren und Nachschlagen wurden zwangsläufig verschiedene Quellen benutzt, und auch wenn versucht wurde, die Notation in diesem Buch einheitlich zu halten, so wird es doch wahrscheinlich nicht an allen Stellen gelungen sein. Eine Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen findet sich ab Seite 406.

¹Diese Willkür ist natürlich durch Vorlieben des Autors gefärbt. Insbesondere wird an einigen Stellen doch bemerkbar sein, dass es sich bei ihm um einen *theoretischen* Physiker handelt, selbst wenn es ihm ein Anliegen war, nach Möglichkeit auch auf Schlüsselexperimente einzugehen. Auch, dass er sich lange Zeit mit mathematischer Physik und mit Quantenfeldtheorie auseinandergesetzt hat, wird sich an manchen Stellen erkennen lassen.

Neuartige wissenschaftliche Erkenntnisse sind in diesem Buch nicht enthalten. Alles, was hier zu lesen ist, findet sich auch, meist deutlich ausführlicher, in anderen Quellen.² Neu sind allenfalls die didaktische Aufbereitung und die Art der Zusammenstellung.

Der Autor ist Leserinnen und Lesern außerordentlich dankbar für weitere Hinweise auf interessante Themen, auf zusätzliche Zusammenhänge und Querverbindungen sowie auf Verbesserungsmöglichkeiten in der Darstellung. Sollten Tipp- oder gar sachliche Fehler gefunden werden, so bittet er auch hier – nach einem Blick in etwaige bis dahin schon veröffentlichte Errata – um Rückmeldung. Ergänzungen und Errata werden auf der Webseite zum Buch, <http://www.springer.com/978-3-8274-2384-9>, veröffentlicht.

Danksagung: Mein Dank gilt Berenike, meinen Eltern, meinem Bruder und meiner übrigen Familie für ihre vielfältige Unterstützung und Geduld während der Jahre, die dieses Buchprojekt immer wieder Teile meine Zeit in Anspruch genommen hat.

Mein Dank gilt weiterhin Bianca Alton und Andreas Rüdinger für die Begleitung dieses Projekts in der Frühphase sowie Sabine Bartels und Vera Spillner für die Fortführung dieser Begleitung bei Spektrum-Springer. Besonderer Dank gilt Michael Zillgitt für präzise Korrekturen und zahlreiche hilfreiche Anmerkungen.

Außerordentlicher Dank gilt Weggefährten und Freunden, die mit Diskussionen, Fragen und Antworten wesentliche Anstöße zu diesem Buch gegeben haben, allen voran Martina Blank und Bernhard Schrausser, zudem Christopher Albert, Lisa Caligagan, Doris Berger, Rosa Dennig, Nina Feldhofer, Florentine Frantz, Ralf Gamillscheg, Andrej Golubkov, Babette Hebenstreit, Vanessa Landmann, Wolfgang Lukas, Christine Mair, Manuela Maurer, Martin Maurer, Ingrid Reiweger, und Thomas Traub. Viele von ihnen haben zudem noch das eine oder andere Kapitel des Manuskripts durchgesehen und wertvolle Anmerkungen gemacht haben.

Dank gebührt weiterhin Lehrenden, Betreuern, Kolleginnen und Kollegen der Technischen Universität Graz, der Karl-Franzens-Universität Graz, der NYU New York, den engagierten Studierenden der Basisgruppe Physik, sowie meinen Kolleginnen und Kollegen am Kompetenzzentrum Bioenergy2020+.

Graz, 9. März 2015

Klaus Lichtenegger

²Eine Ausnahme sind vielleicht die Bemerkungen zum Wissenschaftsbetrieb (\Rightarrow S. 290). Diese Dinge sind zwar den meisten, die in diesem Bereich arbeiten, bewusst, man wird sie aber kaum jemals irgendwo aufgeschrieben oder gedruckt finden.

Zu Aufbau und Handhabung dieses Buches

Die Beiträge sind in sich geschlossen und dementsprechend im Prinzip unabhängig voneinander lesbar. Oft ist es aber doch hilfreich, insbesondere die Beiträge eines Kapitels in der vorgegeben Reihenfolge durchzusehen.

Der Schwierigkeitsgrad der Beiträge steigt bis zum Kapitel 12 tendenziell an, wobei auch spätere Kapitel immer wieder einfach zugängliche Beiträge enthalten. Querverweise – sowohl vor als auch zurück – tauchen meist als Verweise auf einen einzelnen Beitrag [z.B. (\Rightarrow S. 284)] auf, gelegentlich wird auch auf ein ganzes Kapitel verwiesen. Kapitel 13 schließt den in Kapitel 1 begonnenen Bogen und enthält wieder Beiträge zu sehr allgemeinen und grundlegenden Themen.

Zusätzliche Anmerkungen, die den Rahmen von einer Seite bzw. zwei Seiten pro Beitrag gesprengt hätten, wurden mit hochgestellten Buchstaben ^a, ^b, ^c, ... markiert und sind im Anhang ab Seite 295 zu finden, wo auch die Quellen (vor allem für Abbildungen) und Literaturhinweise zu den Beiträgen angegeben sind.

Ein Symbolverzeichnis findet sich ab Seite 406, danach folgen ab Seite 410 eine Liste von Abkürzungen, Vorsilben und ein ausführlicher Index.

Anmerkung zu geschlechtsneutralen Formulierungen

Die Physik war (und ist wohl bis heute, wenn auch inzwischen wenigstens in etwas geringerem Ausmaß) eine stark männerdominierte Disziplin. Bis vor wenigen Jahrzehnten waren für Frauen die Hürden für ein naturwissenschaftliches Studium oder gar für die Anerkennung der männlichen Kollegen sehr hoch; Lehr- und Forschungstätigkeit war ihnen oft nur auf Umwegen möglich.

Trotz dieser massiven Einschränkungen haben einige Frauen bedeutende Beiträge zu Mathematik und Physik geleistet. So stammt eines der weitreichendsten Theoreme der gesamten theoretischen Physik von der – vor allem im Bereich der Algebra tätigen – Mathematikerin Emmy Noether (\Rightarrow S. 32). Zu Einsteins grundlegenden Arbeiten aus dem Jahr 1905 hat möglicherweise seine erste Frau, die Mathematikerin Mileva Marić, viele Impulse geliefert. Auch in der Erforschung der Radioaktivität (\Rightarrow S. 122) stammen wesentliche Beobachtungen und Ergebnisse von Frauen, am bekanntesten sind dabei wohl Marie Curie und Lise Meitner.

Inzwischen gibt es in nahezu allen Gebieten der Physik Frauen, die an der vordersten Front der Forschung stehen und wichtige Beiträge leisten, und unter den Studierenden der Physik liegt der Frauenanteil zwar meist leider noch immer deutlich unter 50 %, ist aber gegenüber vergangenen Zeiten doch schon deutlich angestiegen. Entsprechend sind in diesem Buch auch stets Frauen mitgemeint, selbst wenn irgendwo einmal nur die männliche Form verwendet werden sollte.

Schlüsselkonzepte zur Physik

Von den Newton-Axiomen bis zur Hawking-Strahlung

Lichtenegger, K.

2015, XIII, 428 S. 50 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-8274-2384-9