
Vorwort zur fünften Auflage

In dieser 5. Auflage sind einige Absätze neu geschrieben worden, um das Verständnis zu verbessern. Da die Fortschritte der astrophysikalischen Forschung beeindruckend sind, wurden einige neue Abschnitte über Quasare, Gravitationslinsen und Hintergrundstrahlung eingefügt. Außerdem sind mehr Abbildungen eingefügt, um den Text besser zu illustrieren. Durch neue Drucktechniken ist es nun möglich, die Farbtafeln, die in der 4. Auflage noch als Anhang zusammengefasst worden waren, in den Text zu integrieren. Auf Zuschriften von Lesern hin wurde eine Reihe von Rechtschreibfehlern korrigiert. Die Literatur wurde auf den neuesten Stand gebracht und am Ende jedes Kapitels aufgeführt.

Der Autor hofft, dass diese Auflage weiterhin kritische und aufmerksame Leser findet, die durch Verbesserungsvorschläge zur Optimierung dieses Lehrbuches beitragen. Ihre Zuschriften werden nach Möglichkeit schnell beantwortet.

Kaiserslautern,
im Mai 2016

Wolfgang Demtröder

Vorwort zur vierten Auflage

Seit dem Erscheinen der 3. Auflage 2009 sind sowohl in der Kern- und Hochenergiephysik als auch besonders in der Astrophysik wichtige neue Entdeckungen gemacht worden, welche bestehende Theorien bestätigen aber auch zu revidierten Vorstellungen über grundlegende Modelle und Theorien führen können. Beispiele in der Teilchenphysik sind die Entdeckung des *Higgs-Bosons* am CERN und die Möglichkeiten, mit neuen Beschleunigern neue Teilchen, z. B. supersymmetrische Teilchen oder WIMPS (weakly interacting massive particles) zu entdecken, in der Kernphysik die Untersuchung von instabilen Kernen mit großem Neutronenüberschuss oder die künstliche Erzeugung neuer *Transurane* am Darmstädter Beschleuniger GSI.

In der Astrophysik hat die genauere Vermessung geringer Anisotropien der Hintergrundstrahlung detaillierte Informationen über das frühe Stadium unseres Universums gebracht. Die Diskussion über die dunkle Materie und die dunkle Energie hat Möglichkeiten aufgezeigt, wie diese bisher unverständenen Größen vielleicht experimentell geprüft werden können. Die genaue Vermessung von Supernovae in fernen Galaxien hat gezeigt, dass diese als Entfernungsstandards benutzt werden können, die zu einer verbesserten Entfernungsskala im Universum geführt haben und es wurde gezeigt, dass sich das Universum zurzeit beschleunigt ausdehnt. Die gelungene Landung des Roboters „Curiosity“ wird wohl die bisher genaueste Untersuchung der Marsoberfläche und der chemischen Zusammensetzung des Marsgesteins und der Marsatmosphäre bringen. Die Entdeckung vieler „extrasolarer Planeten“ hat die Frage nach der Möglichkeit von intelligentem Leben außerhalb unserer Erde neu entfacht.

In dieser neuen 4. Auflage sind Fehler und Ungenauigkeiten der 3. Auflage korrigiert worden, einige Abschnitte neu formuliert worden, um eine größere Klarheit der Darstellung zu gewinnen. Außerdem werden die oben erwähnten neueren Entwicklungen ausführlicher diskutiert und Ausblicke auf mögliche Stoßrichtungen der gegenwärtigen Forschung gegeben.

Der Autor dankt allen Lesern, die auf Fehler hingewiesen und Korrekturvorschläge gemacht haben. Insbesondere möchte ich Herrn Peter Staub, TU Wien, danken, der sich sehr intensiv um Korrekturen bemüht hat.

Ich danke Frau Dr. Spillner für die Organisation bei der graphischen Gestaltung und beim Druck und Frau Kroke bei der Firma le-tex publishing services für Layout und Druck.

Kaiserslautern,
im Mai 2013

Wolfgang Demtröder

Vorwort zur dritten Auflage

Die Astrophysik, welche den Abschluss des vierbändigen Lehrbuches über Experimentalphysik bildet, braucht fast alle Gebiete der Physik zur Erklärung der beobachteten Phänomene. Sowohl die Mechanik, als auch Thermodynamik, Hydrodynamik, Elektrodynamik, Atom- und Molekülphysik, Plasmaphysik, Kernphysik und Hochenergiephysik werden benötigt, um Sternmodelle und Vorstellungen über den Kosmos zu entwickeln. Deshalb steht die Astronomie und Astrophysik am Ende dieser Lehrbuchreihe, nachdem der Leser aller 4 Bände mit den oben genannten Gebieten vertraut ist.

Seit dem Erscheinen der 2. Auflage von Band 4, wurden sowohl in der Kern- und Hochenergiephysik, als auch insbesondere in der Astrophysik viele neue experimentelle Techniken eingeführt, die zu neuen, aufregenden Ergebnissen geführt haben. Beispiele für die Hochenergiephysik sind neue Detektoren für den Nachweis der Erzeugung elementarer Teilchen bei hochenergetischen Zusammenstößen von Elektronen oder Hadronen, welche gleichzeitig die Art der erzeugten Teilchen, sowie deren Energie, Impuls und Streuwinkel messen können. Ein besonderes Highlight ist die Fertigstellung des weltweit größten Teilchenbeschleunigers LHC am CERN im Sommer 2009, sowie neue theoretische Ansätze zur Erweiterung des Standardmodells der Teilchenphysik.

In der Astrophysik sind eine Reihe von erdgebundenen Großteleskopen gebaut worden, welche die Techniken der adaptiven und aktiven Optik in verbesserter Form benutzen und sogar mehrere Teleskope zu einem Sterninterferometer im optischen Bereich vereinigen konnten. Dies hat bewirkt, dass neben der wesentlich größeren Lichtstärke auch die Winkelauflösung erheblich verbessert werden konnte, sodass eng benachbarte Sterne im Zentrum unserer Milchstraße, wo die Sterndichte sehr groß ist, noch aufgelöst werden konnten. Viele neue die Erde umkreisenden Satelliten, wie z. B. das *Hubble Space Telescope* oder der Satellit *KOBE* zur Untersuchung der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung sowie zahlreiche Raumsonden haben unsere Kenntnis über unser Planetensystem und vor allem über unser Universum und seinen Zustand vor vielen Milliarden Jahren wesentlich erweitert und neue Informationen über die zeitliche Entwicklung und die Dynamik unseres Universums geliefert.

Die Auswertung der Daten des HYPARCOS Satelliten, welcher die Entfernung vieler Sterne mit bisher unerreichter Genauigkeit vermessen hat, konnte manche Diskrepanzen über das Alter von Kugelsternhaufen, die aus fehlerhaften Entfernungsbestimmungen entstanden waren, beseitigen.

Diese neuen Erkenntnisse haben auch neue Fragen aufgeworfen, die bisher noch nicht beantwortet werden konnten. Beispiele sind die wahrscheinliche Existenz von dunkler Materie und dunkler Energie, über deren physikalische Erklärung noch viel spekuliert wird.

In der vorliegenden dritten Auflage, werden einige dieser neuen Entwicklungen vorgestellt, um dem Leser eine Vorstellung von den heute diskutierten Problemen zu geben.

Die im Inhaltsverzeichnis mit * gekennzeichneten Abschnitte können für Leser, die sich nicht so eingehend mit dem Stoff beschäftigen wollen, überschlagen werden.

Der Autor dankt allen Lesern, Studenten und Kollegen, die Korrekturen und Verbesserungen der Darstellung angeregt haben. Insbesondere danke ich Herrn Peter Staub von der TU Wien, für viele detaillierte Vorschläge bei der Neuauflage.

Frau Steffi Hohensee von der Firma le-tex publishing services GmbH Leipzig, die Druck und Layout überwacht hat, gebührt mein Dank und ebenso Herrn Dr. Thorsten Schneider vom Springer-Verlag für seine ständige Unterstützung während der Arbeit an diesem Lehrbuch.

X Vorwort zur dritten Auflage

Ich hoffe, dass diese Neuauflage das Interesse vieler Leser findet und die Begeisterung für das faszinierende Gebiet der Astronomie weckt. Der Autor ist dankbar für jeden Hinweis auf Fehler oder mögliche Verbesserungen. Auch Fragen sind willkommen. Jede diesbezügliche e-mail wird so schnell wie möglich beantwortet.

Kaiserslautern,
im Juni 2009

Wolfgang Demtröder

Vorwort zur zweiten Auflage

In den sieben Jahren seit dem Erscheinen der ersten Auflage haben sich sowohl auf dem Gebiet der Kern- und Teilchen-Physik, als auch vor allem in der Astrophysik viele neue Erkenntnisse ergeben, die auf der Entwicklung neuer experimenteller Techniken, der Auswertung experimenteller Daten und auf verfeinerten theoretischen Modellen beruhen. So wurden z. B. mit dem großen Neutrino-Detektor Superkamiokande in Japan die Umwandlung von Myon-Neutrinos in Elektron-Neutrinos nachgewiesen. Das top-quark wurde entdeckt und schloss damit eine Lücke in der vorhergesagten Mitgliederzahl der Quarkfamilien. Die bei der tief-inelastischen Streuung von hochenergetischen Elektronen und Positronen entstehenden Teilchen (sowohl Hadronen als auch Leptonen) wurden inzwischen sehr detailliert untersucht. Die Ergebnisse scheinen bisher alle in Einklang mit dem Standardmodell der Teilchenphysik zu sein.

Die Verzahnung von Teilchenphysik und Astrophysik bzw. Kosmologie hat sich als sehr fruchtbar erwiesen für die Entwicklung von genaueren Modellen über die Entstehung des Universums. Die vom Weltraum-Teleskop Hubble aufgenommenen Bilder haben uns ganz neue Einblicke in die Frühzeit unseres Universum beschert, und die Anwendung der adaptiven und aktiven Optik, sowie die Entwicklung der Stern-Interferometrie im optischen und nahen Infrarot-Bereich erlaubten die Messung von Position und Bewegung einzelner Sterne in der Nähe des galaktischen Zentrums. Die Ergebnisse zeigen, dass im Zentrum unserer Galaxie ein riesiges Schwarzes Loch vorhanden ist.

Die Auswertung der Parallaxen-Messungen des Satelliten HIPPARCOS konnte die Entfernungsskala innerhalb unserer Milchstrasse korrigieren und damit andere Methoden zur Entfernungsmessung neu kalibrieren. Dem interstellaren und intergalaktischen Medium wurde neue Aufmerksamkeit geschenkt und eine Reihe von Beobachtungstechniken auf seine Untersuchung angewandt. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen zeigen die große Bedeutung der Gas- und Staub-Komponente dieses Mediums nicht nur für die Abschwächung und Verfärbung der von intra- und extra-galaktischen Quellen emittierten Strahlung, sondern auch für die Bildung von Galaxien und Sternen.

Natürlich konnten nicht alle neuen Entwicklungen ausführlich in dieser neuen Auflage berücksichtigt werden, weil dies den Seitenumfang gesprengt hätte. Einige, dem Autor besonders interessant erscheinenden Ergebnisse werden jedoch hier vorgestellt und zur weiteren Information wurde das Literaturverzeichnis um neu erschienene Bücher oder Zeitschriftenartikel erweitert.

Viele Leser haben durch ihre Zuschriften dazu beigetragen, dass eine Reihe von Fehlern der ersten Auflage korrigiert werden und einige Abschnitte deutlicher dargestellt werden konnten.

Ihnen sei allen gedankt. Besonderer Dank gebührt den Kollegen Prof. Bleck-Neuhaus, Bremen, und Dr. Grieger, MPI für Plasmaphysik, Garching, die mir ausführliche Korrekturlisten zugesandt haben. Herr Dr. T. Sauerland hat den Teil über Kernphysik genau durchgesehen, mir viele Korrekturvorschläge gemacht und neue Aufgaben mit Lösungen beigetragen. Für die Astrophysik hat Herr Kollege Prof. Mauder, Uni Tübingen, mir eine ausführliche Liste von Fehlern und Vorschläge für wichtige neue Gebiete der Astrophysik geschickt, die mitgeholfen haben, diesen Teil des Buches wesentlich zu verbessern. Allen diesen Kollegen sage ich meinen herzlichen Dank.

Die drucktechnische Erfassung, das Layout und die Wiedergabe der Abbildungen wurden von der Firma LE-TeX, Leipzig, in kompetenter Weise durchgeführt. Besonders danke ich Herrn Matrisch, der die Herstellung dieser Auflage betreut hat.

Zum Schluss möchte ich meiner lieben Frau Harriet danken, dass sie mir durch ihre Hilfe und Unterstützung die Zeit zum Schreiben dieser Neuauflage verschafft hat.

Der Autor hofft, dass durch dieses Lehrbuch auch Studenten, die nicht Kern-, Teilchen- oder Astrophysik als Prüfungsfächer gewählt haben, dazu motiviert werden, sich mit diesen faszinierenden Gebieten näher zu befassen. Er wünscht sich kritische Leser, die auch weiterhin durch ihre Zuschriften mit Hinweisen auf Fehler oder mit Verbesserungsvorschlägen zur Optimierung dieses Buches beitragen.

Kaiserslautern,
im Juli 2004

Wolfgang Demtröder

Vorwort zur ersten Auflage

Nachdem im dritten Band die Struktur von Atomen, Molekülen und Festkörpern behandelt wurde, möchte dieser letzte Band des vierbändigen Lehrbuches der Experimentalphysik sowohl in die subatomare Welt der Kerne und Elementarteilchen einführen als auch einen Einblick in die Entstehung der Struktur unseres Universums, also in kosmische Dimensionen, geben.

Wie bereits in den ersten drei Bänden soll auch hier das Experiment und seine Möglichkeiten zur Entwicklung eines Modells der Wirklichkeit im Vordergrund stehen. Deshalb werden die verschiedenen experimentellen Techniken der Kern-, Teilchen- und Astrophysik etwas ausführlicher dargestellt.

Natürlich kann so ein umfangreiches Gebiet in einer Einführung nicht vollständig behandelt werden. Deshalb müssen selbst interessante Teilbereiche weggelassen werden, die dann in der angegebenen Spezialliteratur genauer dargestellt sind.

In diesem Lehrbuch kommt es dem Autor darauf an, die enge Verknüpfung zwischen den auf den ersten Blick so verschieden erscheinenden Gebieten der Physik aufzuzeigen. So hat z. B. die Kernphysik erst ein vertieftes Verständnis erfahren durch die Ergebnisse der Elementarteilchenphysik, die auch die Grundlage des Standardmodells der Astrophysik liefert.

Die entartete Materie in weißen Zwergen und Neutronensternen wird erst einer quantitativen Behandlung zugänglich durch die Erkenntnisse der Quantenphysik, und die Physik der Sternatmosphären wäre ohne intensive experimentelle und theoretische Untersuchungen der Atom- und Molekülphysik nicht so detailliert verstanden worden.

Der Leser sollte am Ende des Studiums dieses Lehrbuches den Eindruck gewinnen, daß trotz der großen Fortschritte in unserer Erkenntnis der Natur zahlreiche, oft wesentliche offene Fragen bleiben, deren Lösung noch viele Physikergenerationen beschäftigen wird. Physik wird wohl nie ein abgeschlossenes Gebiet werden und die Physiker deshalb auch nicht auf die Rolle von Bewahrern des früher erforschten beschränkt bleiben, wenn dies auch manchmal so prognostiziert wird. Es gibt genügend Beispiele, wo durch unerwartete Ergebnisse von Experimenten bestehende Theorien erweitert oder neue Theorien entwickelt werden mußten. Dies wird wohl auch auf absehbare Zeit so bleiben.

Nach der überwiegend positiven Aufnahme der ersten drei Bände wünscht sich der Autor eine ähnliche konstruktive Mitarbeit seiner Leser durch Hinweise auf Fehler oder Verbesserungsmöglichkeiten der Darstellung oder auf neue Ergebnisse, die nicht berücksichtigt wurden.

Ich würde mich freuen, wenn dieses hiermit abgeschlossene Lehrbuch für die Kollegen eine Hilfe bei Vorlesungen sein kann sowie dazu beitragen könnte, die Begeisterung und das Verständnis bei Studenten zu wecken und die Physik auch Studierenden von Nachbarfächern nahezubringen. Wie in den vorhergehenden Bänden findet man auch hier viele Beispiele zur Illustration des Stoffes und Aufgaben mit durchgerechneten Lösungen, welche die aktive Mitarbeit des Lesers fördern sollen.

Viele Leute haben bei der Fertigstellung geholfen, denen allen mein Dank gebührt. Ich danke allen Kollegen und Institutionen, die mir die Erlaubnis zur Reproduktion von Abbildungen gegeben haben. Herr Dr. T. Sauerland, Institut für Kernphysik der Universität Bochum, hat mir mehrere Aufgaben mit Lösungen zur Verfügung gestellt, die im Lösungsteil gekennzeichnet sind, wofür ich ihm Dank schulde. Frau S. Heider, die den größten Teil des Manuskripts geschrieben hat, und insbesondere Herrn G. Imsieke, der die Redaktion übernommen hat und viele wertvolle Anregungen und Verbesserungsvorschläge beigesteuert hat, bin ich zu großem Dank verpflichtet. Herrn Th. Schmidt, welcher für den Computersatz und das Layout gesorgt hat, den Illustratoren M. Barth und S. Blaurock sowie den Korrekturlesern S. Scheel und J. Brunzendorf, der viele nützliche Hinweise für den Astrophysikteil gegeben hat, sei herzlich gedankt. Frau A. Kübler und Dr. H.J. Kölsch vom Springer-Verlag haben

mich während der gesamten Entstehungszeit tatkräftig unterstützt. Für die stets gute Zusammenarbeit danke ich ihnen sehr. Ein besonderer Dank gilt meiner lieben Frau, die mir während der vierjährigen Arbeit an diesen vier Bänden durch ihre Hilfe die Zeit und Ruhe zum Schreiben gegeben hat und durch ihre Ermunterung dazu beigetragen hat, daß das gesamte Lehrbuch erfolgreich fertiggestellt werden konnte.

Kaiserslautern,
im November 1997

Wolfgang Demtröder

Experimentalphysik 4

Kern-, Teilchen- und Astrophysik

Demtröder, W.

2017, XXII, 497 S. 615 Abb., 594 Abb. in Farbe.,

Softcover

ISBN: 978-3-662-52883-9