
Vorwort zur zweiten überarbeiteten Auflage

*Bücher mögen sich nicht rechnen, aber sie zahlen sich aus.
Anonym*

Seit der Erstauflage sind nun sechzehn Jahre vergangen. Was ist das schon im Verhältnis zum Weltalter, das kürzlich vom Planck-Satelliten mit großer Genauigkeit zu $13,798 \pm 0,037$ Milliarden Jahren bestimmt wurde? Es hat sich aber in dieser relativ kurzen Zeit doch eine Menge getan, insbesondere in der Kosmologie. Das klassische Urknallmodell mit der Inflation kann das Flachheits-, das Horizont- und das Monopolproblem plausibel erklären. Was aber in den ersten Sekundenbruchteilen der Entstehung des Universums geschah, liegt dagegen immer noch im Dunklen.

Ein offener Punkt ist auch die Dominanz der Materie. *CP*-verletzende Effekte sind zwar aus der Teilchenphysik bekannt, reichen aber nicht aus, um das fast vollständige Verschwinden der Antimaterie zu verstehen. Resultate des Satelliten PAMELA und des AMS-Experiments an Bord der Raumstation ISS finden zwar unerwartet viele Positronen im Hochenergiebereich, aber diese könnten auch in Neutronensternen, Quasaren oder Aktiven Galaktischen Kernen erzeugt worden sein.

In der Elementarteilchenphysik war die Entdeckung des Higgs-Teilchens im Juli 2012 am Large Hadron Collider (LHC) am CERN sicher ein Highlight. Mit einer Masse von 125 GeV ergänzt und stützt das Higgs-Teilchen das Standardmodell der Teilchenphysik. Allerdings kann der LHC supersymmetrische schwere Teilchen mit Massen unterhalb des TeV-Bereiches ausschließen, was für die Suche nach Teilchen der Dunklen Materie eine Ernüchterung darstellt. Durch den Gravitationsmikrolinseneffekt hat man allerdings im Bullet-Cluster immerhin indirekt gesehen, wo die Dunkle Materie sich versteckt. Die Suche nach konkreten ‚dunklen‘ Teilchen geht aber weiter.

Ein kurzer Hoffnungsschimmer für die Existenz und den Nachweis von Gravitationswellen durch den Urknall selbst durch das BICEP-Experiment am Südpol hat sich allerdings ‚in Staub aufgelöst‘. Die vermuteten Gravitationswellen sollten einen Fingerabdruck in der Polarisierung der kosmischen Hintergrundstrahlung hinterlassen, der von BICEP scheinbar gefunden wurde. Aber die Polarisierung der Schwarzkörperstrahlung wird

auch von kosmischem Staub beeinflusst, und der Effekt konnte vom Planck-Satelliten nicht bestätigt werden. Dagegen gab es mit der ersten Messung von Gravitationswellen mit LIGO durch ein System aus zwei Michelson-Interferometern im Jahr 2015 einen wirklichen Durchbruch. Bisher wurden vier Ereignisse gefunden, jeweils ausgelöst durch das Verschmelzen zweier Schwarzer Löcher. Die zeitliche Struktur des Gravitationswellensignals und die Tatsache einer koinzidenten Messung stellt eine große Stütze dieser Entdeckung dar. Der experimentelle Nachweis von Gravitationswellen eröffnet damit ein weiteres Fenster für eine neue Gravitationswellenastronomie.

Das ICECUBE-Experiment entdeckte erste Spuren von vermutlich kosmogenischen, hochenergetischen Neutrinos im PeV-Bereich, die möglicherweise von einem im Jahr 2012 gemessenen Strahlungsausbruch einer 10 Milliarden Lichtjahre entfernten Galaxie (einem Blazar) stammen. Die Hochenergie-Neutrinoastronomie betritt damit die Bühne der Astroteilchenphysik im Hochenergiebereich.

In der Technik gibt es weitere Entwicklungen, die neuen Erkenntnisgewinn versprechen. Die Messung hochenergetischer primärer kosmischer Strahlung über deren Radioemission durch geomagnetisch erzeugte Synchrotronstrahlung erlaubt einen kostengünstigen Nachweis dieser Teilchen in ausgedehnten Luftschauern. Die Pionierexperimente LOPES und LOFAR haben der Radioastronomie und Hochenergie-Astroteilchenphysik ein neues Fenster eröffnet. Radioexperimente können den Himmel – im Gegensatz zu Fluoreszenz- und Cherenkov-Teleskopen – ganztagig beobachten und sind nicht auf wolkenfreie und mondlose Nächte angewiesen. Das geplante Square Kilometer Array (SKA) wird in der Zukunft das empfindlichste Radioteleskop der Welt sein, und könnte wesentlich dazu beitragen, die Gesetze des Universums, seine Herkunft und Entwicklung zu verstehen.

Der Planck-Satellit mit seiner hervorragenden Winkelauflösung von fünf Bogenminuten (COBE: 7 Grad, WMAP: 13,5 Bogenminuten) und erhöhter Empfindlichkeit konnte die kosmische Hintergrundstrahlung in großem Detail vermessen und hat schon wichtige Beiträge zur Bestimmung kosmologischer Parameter beigesteuert.

Gegenüber der ersten Auflage sind diesem Buch einige weitere Kapitel hinzugefügt worden, die auf diese neuen Entwicklungen Rücksicht nehmen. Natürlich sind alle übrigen Kapitel wissenschaftlich auf den neuesten Stand gebracht worden.

Ich danke Prof. Dr. Glen Cowan für seine zahlreichen Anregungen insbesondere zur Kosmologie des frühen Universums.

Dr. Tilo Stroh hat die umfangreiche Aufgabe übernommen, dem Manuskript die endgültige L^AT_EX-Gestalt zu geben. Außerdem hat Herr Dr. Stroh in vielfältiger Weise an der Gestaltung des Buches mitgewirkt. Insbesondere hat er große Mühe darauf verwendet, einen übersichtlichen und informativen Index zu erstellen. Für all diese Leistungen bin ich ihm sehr dankbar. Die grafische Gestaltung der Bilder wurde dankenswerterweise überwiegend von Dipl.-Phys. Stefan Armbrust übernommen.

Siegen, Oktober 2017

Einstieg in die Astroteilchenphysik
Grundlagen, Messungen und Ergebnisse aktueller
Forschung
Gruppen, C.
2018, X, 441 S. 290 Abb., 103 Abb. in Farbe., Softcover
ISBN: 978-3-662-55270-4