
Vorwort

Astrophysikalische Forschungsergebnisse finden in diesen Tagen erstaunlich oft den Weg an prominente Stellen in Nachrichtensendungen und Zeitungsmeldungen. Das ist sicher auch der jüngsten, dramatischen Entwicklung der Astrophysik geschuldet, die sich in der Vergabe dreier Physik-Nobelpreise (direkt für astrophysikalische Forschung) in den letzten Jahren widerspiegelt. Gemeint sind die Nobelpreise der Jahre 2002, 2006 und 2011. Der jüngste Nobelpreis (2015) hat indirekt sehr viel mit Astrophysik zu tun. Die offiziellen Statements der Schwedischen Akademie lauten:

- The Nobel Prize in Physics 2002 was divided, one half jointly to Raymond Davis Jr. and Masatoshi Koshiba „for pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos“ and the other half to Riccardo Giacconi „for pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources“.
- The Nobel Prize in Physics 2006 was awarded jointly to John C. Mather and George F. Smoot „for their discovery of the blackbody form and anisotropy of the cosmic microwave background radiation“.
- The 2011 Nobel Prize in Physics was divided, one half awarded to Saul Perlmutter, the other half jointly to Brian P. Schmidt and Adam G. Riess „for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae“.

Neutrinomasse, „Dunkle Materie“ und „Dunkle Energie“ sind als Stichworte eng mit den Entdeckungen verknüpft. Deshalb muss auch der Nobelpreis 2015 hier erwähnt werden:

- The Nobel Prize in Physics 2015 was awarded jointly to Takaaki Kajita and Arthur B. McDonald „for the discovery of neutrino oscillations, which shows that neutrinos have mass“.

Noch aktueller ist der direkte Nachweis von Gravitationswellen im September 2015 (d.h. fast genau 100 Jahre nach ihrer Vorhersage durch Einstein). Der direkte Nachweis

ist – nach dem Nobelpreis 1993 an Taylor und Hulse für den indirekten Nachweis von Gravitationsstrahlung – das jüngste Beispiel einer nobelpreiswürdigen Entdeckung in der Astrophysik.¹

Blickt man weiter zurück, so findet man weitere durch Nobelpreise gewürdigte wissenschaftliche Meilensteine der Astrophysik, auf die wir im Verlauf des Buches zu sprechen kommen. Und die Zahl der Nobelpreise wäre sicher noch größer – man denke nur an Edwin Hubble, wenn nach damaliger Lesart nicht „astronomische“ Ergebnisse von der Nobelpreisvergabe ausgeschlossen gewesen wären.

Man muss allerdings nicht unbedingt die Zahl der Nobelpreise bemühen, um breite Zustimmung für die Aussage zu bekommen, dass moderne Astrophysik ein äußerst faszinierendes Gebiet ist. Wir sind seit früher Kindheit, allein schon durch die unausweichliche „Himmelsbeobachtung“, mit astronomischen Fragestellungen recht bewusst konfrontiert. Auch haben die meisten von uns sich immer wieder erkenntnistheoretische Fragen der Art „Woher kommen wir, wohin gehen wir?“ gestellt und dabei auch aus dem naturwissenschaftlichen Bereich Hilfestellungen erwartet. Diese frühe Befassung mit der Materie, ohne abschließende Antworten auf alles gefunden zu haben, lässt auch Nicht-Spezialisten Astronomie und Astrophysik weiterhin als äußerst spannend und wichtig bewerten.

Die Motivation für das Gebiet ist also gleichsam „gottgegeben“. Der „Preis“ für die enorme Bedeutung ist die Breite. Und diese nun seriös in einem einzigen Buch vorstellen zu wollen, ist wegen der Vielzahl der Aspekte zum Scheitern verurteilt. Also müssen wir eingrenzen. Daher soll der Versuch unternommen werden, eine Art Leitfaden für das Erschließen des so spannenden Fachgebiets aufzustellen. Zum Beispiel für Studierende im Hauptstudium Physik, die gerade den Grundkurs Theoretische Physik absolviert haben. Die „Einführung in die Theoretische Astrophysik“ soll eine solide Möglichkeit bieten, ihre gerade erworbenen methodischen Fähigkeiten in einem Gebiet zu erproben, von dem sie schon viel gehört haben, dessen vielzitierte Phänomene sie aber bis dahin noch nicht quantitativ erfassen konnten. So soll dieses Buch insbesondere Hinweise liefern, wie *einige* wesentliche und bekannte astrophysikalische Erscheinungen modellmäßig beschrieben und mit den gängigen Methoden der Theoretischen Physik behandelt werden können. Das kann nur exemplarisch geschehen; jedweder Anspruch auf Vollständigkeit muss unterbleiben. Trotzdem hoffe ich, dass die physikalischen Beispiele zu einem großen Teil Antworten auf die Fragen liefern, die auch die astrophysikalischen Laien motiviert haben, sich mit dem Gebiet etwas näher zu beschäftigen. Die gewählten Themen sollen auch aufzeigen, wie gesichert (oder spekulativ) manche Aussagen sind. Dass viele Fragen unbeantwortet bleiben, hat zwei Gründe. Erstens kann – wie bereits mehrfach betont – in dieser Einführung nur eine kleine Zahl von Problemen behandelt werden. Andererseits sind gerade in der Astrophysik noch heute viele Fragen offen. Dass Letzteres so ist, macht auch ganz sicher einen großen Teil des Reizes dieses Gebietes aus.

¹The Nobel Prize in Physics 2017 was divided, one half awarded to Rainer Weiss, the other half jointly to Barry C. Barish and Kip S. Thorne „for decisive contributions to the LIGO detector and the observation of gravitational waves“.

Gegenstand des Buches sind die Grundlagen und gesicherten Erkenntnisse der modernen Astrophysik. Da dieser Wissenschaftszweig auf astronomischen Beobachtungen aufbaut, wird auch ein – allerdings sehr kurzer – Abriss der „Werkzeuge“ der Astronomie gegeben, sofern sie für die Abhandlung der Astrophysik relevant sind.

Teil I „Einführung in die Astrophysik“ beinhaltet den seitenmäßig umfangreichsten Teil des Buches. In ihm stehen grundsätzliche Aspekte der Astrophysik, wie z. B. Gravitationskollaps, stellare Nukleosynthese, Zustandsgleichungen in dichter Materie, Materie-Strahlungs-Wechselwirkung, Wärmetransport, thermonukleare Fusion, (einfache) Sternmodelle, im Vordergrund, wobei dem Überblick gegenüber der Detailerarbeitung der Vorzug gegeben wird. Die Theorie der Sternentwicklung nimmt einen wesentlichen Teil der Darstellung ein. Weißen Zwergen, Neutronensternen, Pulsaren, Schwarzen Löchern sind jeweils eigene Kapitel gewidmet, soweit sie noch ohne fundierte Kenntnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie auskommen. Teil II trägt der Tatsache Rechnung, dass viele astrophysikalische Aspekte Grundkenntnisse der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) erfordern. Die ART ist eine der elegantesten Theorien der Physik. In ihrer ganzen Komplexität lässt sie sich keinesfalls auf wenigen Seiten darstellen. Wenn man sie allerdings für einige grundsätzliche Probleme „nur anwenden“ will, dann ist eine Vermittlung einiger „technischer Vorschriften“ ausreichend. Genau das geschieht in einem Crash-Kurs in Teil II, wobei auch gleich einige ART-Phänomene berechnet werden. Es besteht die Hoffnung, dass nach einem kurzen und erfolgreichen Umgang mit der ART die Scheu vor ihr genommen ist. Das soll die Motivation steigern, sich auch einmal ausführlicher mit der ART zu beschäftigen (wozu dringend geraten wird). In Teil III nutzen wir die ART zur Entwicklung kosmologischer Modelle. Auch wenn nur die bekanntesten diskutiert werden, zeigt die einfache Theorie bereits den Zusammenhang mit den aktuellen Fragen nach Dunkler Materie, Dunkler Energie und Inflation, um nur einige zu nennen, auf. Wenn es auch viele interessante kosmologische Ansätze gibt, die dieses Buch trotz seiner zweiten Auflage nicht aufzeigt, dann geschieht das vor dem Hintergrund eines Bonmots, das dem berühmten Theoretischen Physiker Landau zugeschrieben wird: „Cosmologists are often in error, but never in doubt“. Wahrscheinlich wird sich bei manchen Erklärungsversuchen erst in den nächsten Jahren „die Spreu vom Weizen trennen“.

Abschließend noch ein Wort zur Darstellung. Bewusst sind in diesem „Leitfaden“ die meisten Abbildungen recht plakativ gestaltet. Dementsprechend findet man nicht allzu viele Reproduktionen aus Originalpublikationen, mit all den wichtigen Details, die für eine seriöse wissenschaftliche Weiterarbeit nötig sind. Wir leben im Zeitalter des Internets, mit schnellem Zugang zu einer unermesslichen Zahl von wissenschaftlichen Publikationen und Daten. Wenn man weiß, was man suchen soll, wird man in der Regel schnell in allen Details fündig. Die entscheidende Frage ist dabei: Was ist wichtig, und wie ordne ich es ein? Zur Beantwortung dieser Fragen soll das Buch Hilfestellung leisten.

Die Abfassung des Buches hat viel Zeit und Geduld gekostet. Ich bin meiner Frau Gertrud für ihr Verständnis sehr dankbar. Dem Fach Physik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf danke ich für die zahlreichen Hilfestellungen und Möglichkeiten, den Inhalt immer wieder Studierenden vermitteln zu können. Im Springer-Verlag haben Frau Dr. Lisa

Edelhäuser und Frau Anja Groth die Entwicklung des Buches konstruktiv kritisch und stets motivierend begleitet. Für ihre zahlreichen Anregungen bin ich sehr dankbar. Viel Positives ist mit fremder Hilfe eingeflossen – für das verbliebene Negative übernehme ich die alleinige Verantwortung.

Düsseldorf, im Juni 2017

K.H. Spatschek



<http://www.springer.com/978-3-662-55466-1>

Astrophysik

Eine Einführung in Theorie und Grundlagen

Spatschek, K.-H.

2018, XIII, 603 S. 221 Abb., 53 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-55466-1