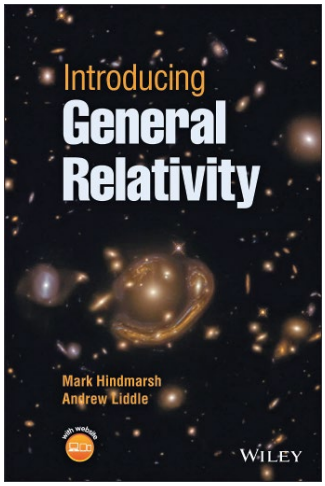


Mark Hindmarsh, Andrew Liddle
Introducing General Relativity
John Wiley & Sons, London 2022
288 Seiten mit Abbildungen
ISBN: 978-1-118-60071-9
Kartoniert € 49,-

Elegante Einführung

Als ob sie Galileis Äquivalenzprinzip – alle Körper fallen im Gravitationsfeld gleich schnell – darstellen sollten, gibt es Bücher über die allgemeine Relativitätstheorie mit ganz verschiedenen Massen. Auf der einen Seite des Massenspektrums steht das monumentale Werk von Misner, Thorne und Wheeler, das manchmal etwas respektlos als das »schwarze Apfelmonster« bezeichnet wird. Auf der anderen Seite steht die elegante Einführung von Paul Dirac, die nicht viel dicker ist als ein kleiner Finger. Das vorliegende Buch fällt zwischen diese beiden Extreme, ist aber der diracschen Eleganz erheblich näher als der apfeligen Monstrosität.

Der Haupttext dieses Buchs ist in 14 kurze Kapitel unterteilt, von denen jedes grob zehn Seiten umfasst. Dazu kommen vier Anhänge. In den ersten sechs dieser 14 Kapitel wird bereitgestellt, was der angehende Relativist so braucht, insbesondere kovariante Ableitungen und Tensoren, darunter vor allem die Metrik, die Krümmung und den Energie-Impuls-Tensor.

Dieser erste Teil beginnt mit einer knappen Einführung in die Gedankenwelt der allgemeinen Relativitätstheorie und mit einer Erinnerung an die spezielle. Im siebten Kapitel kulminiert die Darstellung mit der Einführung der einsteinschen Feldgleichungen.

Die Kapitel acht bis zwölf stellen dann vor allem zwei Lösungen der einsteinschen Feldgleichungen vor, die Schwarzschild- und die Friedman-Lemaître-Robertson-Walker-Metrik, die dem kosmologischen Standardmodell zu Grunde liegt. Als Teil dieser Reihe von Kapiteln besprechen die Autoren die Bewegung von Testteilchen in der Schwarzschild-Metrik, sie beschreiben und begründen Tests der allgemeinen Relativitätstheorie und diskutieren die Eigenschaften Schwarzer Löcher, insoweit sie aus der Schwarzschild-Geometrie folgen.

Das 13. Kapitel fasst knapp die wichtigsten kosmologischen Modelle zusammen, und das 14. bietet einen – natürlich durch die Brille der Autoren eingefärbten – Ausblick auf die nächsten 100 Jahre der allgemeinen Relativitätstheorie. Dort gehen die Autoren noch kurz auf mögliche Erweiterungen oder Verallgemeinerungen der allgemeinen Relativitätstheorie ein und streifen das Problem einer Quantentheorie der Gravitation.

Besonders bemerkenswert an diesem Buch ist seine Leichtigkeit, welche an die Eleganz von Diracs Einführung in die allgemeine Relativitätstheorie heranreicht. Die mathematischen Strukturen, die der allgemeinen Relativitätstheorie zu Grunde liegen, werden mit einem Minimum an Formalismus und Rechnung so eingeführt, dass ihre Herleitung besonders eingängig und ihre Notwendigkeit einsichtig wird.

Das Geschick der Autoren, schwierige Rechnungen abzutrennen, trägt wesentlich zur Lesbarkeit des Buchs bei.

Das Geschick, mit dem die Autoren schwierige Rechnungen abtrennen, aber wesentliche Zwischenergebnisse darstellen, trägt zur Lesbarkeit dieses Werks wesentlich bei und erweist die Autoren als erfahrene Dozenten.

Der detaillierten Ausarbeitung einzelner Rechnungen dienen die vier Anhänge. So ist es möglich, den Haupttext des Buchs beinahe fließend zu lesen, ohne dabei durch langwierige und komplizierte Rechnungen von den wesentlichen konzeptionellen Gedanken abgelenkt zu werden.

Natürlich hat diese Vorgehensweise auch leichte Nachteile. Für die wesentlichen Vereinfachungen relativistischer Rechnungen durch den koordinatenfreien Cartan-Formalismus ist kein Platz, die Motivation der einsteinschen Feldgleichungen fällt rein heuristisch aus, und der Lagrange-Formulismus, der sich so hervorragend sowohl zur Begründung der Feldgleichungen als auch zur Untersuchung der Bewegung von Testteilchen in gegebenen Raumzeiten eignet, kommt nicht zum Einsatz. Dass die allgemeine Relativitätstheorie nicht einfach eine mögliche Theorie der Raumzeit ist, sondern unter sehr allgemeinen Annahmen die einzige (Lovelocks Theorem), wird nicht erwähnt, weshalb auch die kosmologische Konstante wie so oft etwas verschämt auf die Bühne schleicht.

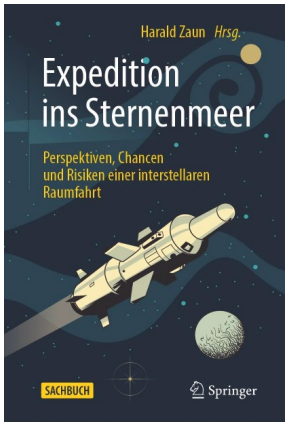
Dennoch: Als Einführung in die allgemeine Relativitätstheorie, die möglichst wenige Voraussetzungen an die mathematische Vorbildung ihrer Leserinnen und Leser macht, ist dieses kleine, leichte und elegante Buch ganz hervorragend geeignet. Dazu kommt, dass es zu jedem Kapitel zahlreiche gut durchdachte Aufgaben enthält, zu denen am Ende auch Lösungen angegeben werden.

Als Grundlage eines einführenden Kurses in die allgemeine Relativitätstheorie kann ich mir dieses Buch ebenso gut vorstellen wie zum Selbststudium. Auch solchen Lesern, die sich bereits eingehend mit der allgemeinen Relativitätstheorie befasst haben, wird dieses Buch durch die präzise und treffsichere Auswahl seiner Argumente einiges Neues bieten können.

Ich habe es mit wachsendem Vergnügen gelesen und mich dabei immer wieder besonders an der schnurgeraden und schnörkellosen Darstellung erfreut. Gerade im Hinblick auf kosmologische Messungen und auf die direkte Entdeckung von Gravitationswellen ist das Buch auch höchst aktuell. Ich kann es sowohl Anfängern als auch Fortgeschrittenen nur wärmstens empfehlen.

PS: Mein Versuch, die im Buch angebotene Webseite aufzurufen, um das dort erwartete Handbuch für Dozenten einzusehen, wurde knapp und abweisend beschieden: »Cannot find this companion site.« Das mag sich ändern.

Matthias Bartelmann ist Kosmologe am Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg.



Harald Zaun
Expedition ins Sternenmeer
Perspektiven, Chancen und Risiken einer interstellaren Raumfahrt
Springer Verlag, Heidelberg, Berlin 2022
XXIV + 404 Seiten mit 14 Schwarz-Weiß- und 140 Farbillustrationen
ISBN: 978-3-662-63729-6. Gebunden: 27,99 €

Quo vadis, Homo spaciens?

Der Blick in unsere Zukunft zeigt angesichts der derzeitigen sozialen, politischen und ökologischen Lage kein rosiges Bild. So verwundert es kaum, dass einige das künftige Heil unserer Spezies im Weltraum suchen. Sei es nun Eskapismus angesichts des Klimawandels oder Wunschdenken eines in die Gegenwart verlängerten Entdeckerfiebers: Bemannte Raumfahrt hat – spätestens seit Juri Gagarin 1961 als erster Mensch den Weltraum und Neil Armstrong 1969 den Mond bereist haben – den Sprung aus der Sciencefiction in Technik und Wissenschaften geschafft und schreitet unermüdlich voran.

Im Sammelband »Expedition ins Sternenmeer« trägt der Philosoph Harald Zaun nun 23 solcher Perspektiven auf das Thema zusammen. Die Bandbreite reicht dabei von der Raumfahrttechnik über Astronomie und Kosmologie bis hin zu philosophischen, soziologischen, medizinischen und informationstechnologischen Betrachtungen. Die Autoren diskutieren dabei Ideen der Sciencefiction ebenso wie konkrete historische und aktuelle Raumfahrtprojekte.

Sie sind in Anbetracht der Möglichkeiten und Grenzen der Raumfahrt sowohl kritisch als auch hoffnungsvoll. Ein Faktor ist die physiologische und psychologische Beschaffenheit des Menschen: In einem Beitrag werden medizinische Berichte vergangener Missionen ausgewertet, um auf die negativen Auswirkungen von Schwerelosigkeit, kosmischer Strahlung, aber auch Isolation von der Erde, Beengtheit in der Raumkapsel und fehlender Privatsphäre hinzuweisen, die, je länger die Raumfahrten andauerten, umso problematischer wurden. Eine Alternative wäre die Entsendung von KI-Robotern, die an unserer statt reisen, oder von Nano-Sonden, wie im »Project Starshot« des Milliardärs Juri Milner, bei dem sich Tausende winziger Flugkörper mit Photonenantrieb in Richtung Proxima Centauri bewegen sollen (siehe SuW 4/2018, S. 24).

Eine Alternative wären Generationenschiffe, in denen die Menschheit Jahrhunderte unterwegs sein könnte. Gerade dieser Ansatz offenbart, worin ein anderes grundsätzliches Problem der interstellaren Raumfahrt liegt: Die Distanzen erlauben es kaum, dass ein Mensch in seiner Lebenszeit mit realistischen Antriebstechnologien ans Ziel gelangt. Umso erstaunlicher ist die selbstlose Motivation, mit der solche Konzepte erdacht werden. Aber wie müssen Raumschiffe gebaut werden, damit sie für mehrere Generationen Platz bieten? Und welche sozialpsychologischen Aspekte muss man dabei berücksichtigen? Auch solchen Fragen widmen sich die Autoren.

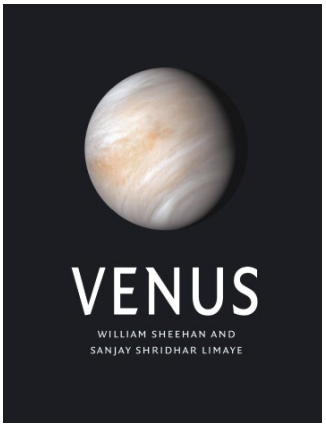
Die unermessliche Größe des Weltraums setzt natürlich ganz andere Grenzen. Da wäre zunächst das Problem der Distanzen und Geschwindigkeiten, das in einem Beitrag mit Hilfe der Relativitätstheorie verständlich erläutert wird. Die bereits im Jahr 1903 von Konstantin Ziolkowski publizierte Raketengleichung, die das Verhältnis von transportierter Masse, Treibstoffmenge, Fluchtgeschwindigkeit und Gravitation beschreibt, wird häufig als Anfangsproblem genannt: Je weiter man fliegen will, desto mehr Treibstoff wird benötigt, umso schlechter fällt das Verhältnis zur transportierten Nutzlast aus und so weiter.

Man müsste also Abkürzungen, die ein Autor in Wurmlöchern sieht, oder alternative Antriebe finden. Ein Kapitel stellt solche vor und fragt, welcher Ansatz am besten dazu geeignet wäre, ein 1000 Tonnen schweres Raumschiff auf 500 Kilometer pro Sekunde zu beschleunigen: Nuklearantrieb? Fusionsantrieb? Antimaterieantrieb oder – wie bei »Starshot« – Licht- und Lasersegler? Vielleicht wäre es sinnvoller, sich nahe Ziele zu suchen? Der Mars rückt in einem Beitrag hierzu in den Fokus; nicht zuletzt, weil ein anderer Milliardär sich unserem roten Nachbarplaneten nähern will.

Dass der Mars bereist werden sollte, steht in einem Beitrag schon deshalb außer Frage, weil sich nur so das Rätsel endgültig klären lasse, ob es dort Leben gab. Nach der Kolonisation anderer Planeten stellt die Suche nach außerirdischem Leben nämlich die zweite große Motivation für die Autoren dar. Vielleicht waren Außerirdische ja schon bei uns? Das Auftauchen des ‘Oumuamua-Asteroiden hat hier neuerlich Anlass zu Spekulationen gegeben (siehe SuW 1/2019, S. 36). So genannte Bracewell-Sonden (wie Voyager 1 und 2) tragen bereits jetzt Informationen über die Menschheit in die Ferne, um möglicherweise einen Kontakt anzubahnen. Doch was, wenn wir tatsächlich auf Außerirdische treffen? Wie verständigen wir uns? Wie wird unser Verhältnis zueinander sein? Werden wir es mit biologischen Wesen zu tun bekommen – oder sind die Abgesandten der Erde bis dahin vielleicht künstliche Astronauten? Auch das sind Themen mehrerer Beiträge.

In dem Buch treffen wissenschaftliche Fundierung und fiktionale Gedankenwelt aufs Fruchtbarste aufeinander. Sciencefiction- Geschichten, -Romane und -TV-Serien werden deshalb immer wieder als Vergleich herangezogen. Doch man könnte auch die Beiträge als hervorragende Grundlage für eigene oder als Maßstab für fremde Weltraumutopien heranziehen. So oder so erfährt man viel über den »Homo spaciens« auf seinem räumlichen, zeitlichen und intellektuellen Weg zum »Homo galactius«, was in solcher Detailliertheit zuvor kaum in einer populärwissenschaftlichen Veröffentlichung zu finden war.

Stefan Höltgen ist promovierter Medienwissenschaftler und Informatiker. Er lebt und arbeitet in Berlin als Dozent, Publizist und Computerarchäologe.



William Sheehan, Sanjay Shridhar Limaye
Venus
The University of Chicago Press,
Chicago 2022
256 Seiten mit zahlreichen Abbildungen
ISBN: 978-1789145854
Gebunden € 30,–

Nachbarin in Wort und Bild

Obwohl sie unser nächster planetarer Nachbar und nach Sonne und Mond das hellste Licht am Himmel ist, wird die Venus in der Amateurastronomie ebenso wie in der Raumfahrt stiefmütterlich behandelt. Dementsprechend rar sind auch Monografien über unsere Schwesterwelt. Das neue Buch »Venus« von der University of Chicago Press wird vermutlich in nicht wenigen Bibliotheken eine Lücke füllen, und zwar nicht nur pro forma, sondern als ein echtes Referenzwerk. Die beiden Autoren haben es nämlich geschafft, unglaublich viele Informationen auf wenig Raum unterzubringen. Wer nun denkt, das ginge auf Kosten der flüssigen Lesbarkeit, der irrt.

Hat mich persönlich etwas gestört? Megajahre (MYR) statt Millionen Jahre und Gigajahre (GYR) statt Milliarden Jahre halte ich für ebenso unnötig, wie das AD (Anno Domini, sprich »nach Christus« hinter den Jahreszahlen durch CE (Common Era) auszutauschen, während mir die Ersetzung von Meilen durch Kilometer wohltuend auffiel. Was daran falsch sein soll, dass James Maxwell als einziger männlicher Namenspatron für Oberflächenformationen auf der Venus dort sozusagen »Hahn im Korb« ist, dass die ansonsten rein auf das Schöne Geschlecht beschränkte Nomenklatur »chauvinistisch« von Seiten der Männer sei (S. 162), kann ich ebenso wenig nachvollziehen, wie die Kunstkritik in der Unterschrift der Abbildung auf S. 103, die eine unverhüllte allegorische Venusfigur auf einem neobarocken Deckengemälde zeigt und als »this sort of thing« bezeichnet wird, das »less likely to appeal to modern tastes« sei. Und wenn das Bild wirklich so unpassend ist: Warum wird es uns dann im Buch gezeigt?

Ein kleiner Schnitzer ist den beiden Autoren offenbar unterlaufen, als Sheehan den virtuellen Schreibstift an seine Kollegin Limaye übergab. Auf S. 154 ist zu lesen, dass die russischen Raumsonden Venera 15 und 16 keine höhere Radarauflösung erzielten als damals bereits vom Erdboden aus realisiert, während zwei Seiten danach das genaue Gegenteil behauptet wird, nämlich dass die beiden russischen Orbiter mit ein bis zwei Kilometer Auflösung einen bedeutenden Sprung in der Venuskartografie bedeutet hätten. Diese Inkongruenz ist aber bereits die einzige, die mir auffiel. Überhaupt haben die beiden Autoren einen so nahtlosen Übergang ihrer beiden Domänen (Sheehan: erdgebundene Forschung, Limaye: Raumfahrtzeitalter) geschafft, dass das Buch wie aus einem Guss wirkt.

Der Band ist sehr gut und schön bebildert. Im Gegensatz zu einigen früheren Titeln aus der »Kosmos«-Serie sind die Abbildungen immer groß genug, dass man auf ihnen das Wesentliche erkennen und die Bilder auch wirklich genießen kann. Einzig die Abbildungen auf den S. 171 und S. 173 sind mir sauer aufgestoßen, weil sie computergenerierte Ansichten mit stark überhöhtem Vertikalprofil zeigen. Mal ehrlich: Was soll das eigentlich? Den Planetologen mag »so etwas« – um die oben zitierte Wortwahl in anderem Kontext zu gebrauchen – bei der Bildinterpretation hilfreich sein. Aber in allen anderen Publikationen, besonders in solchen mit Öffentlichkeitsanspruch, haben solche Verzerrungen meiner Ansicht nach wirklich nichts verloren, denn so wie auf diesen Bildern sehen die Berge und Schluchten der Venus nun einmal nicht aus. Solche Simulationen sind irreführend. So wie ein Kuhfladen nicht der Zuckerhut in Rio ist, so sieht auch Maat Mons auf der Venus nicht so aus wie hier gezeigt.

Kleine Fehler, wie dass Gamsberg in Namibia kein Ortsname, sondern ein echter Berg ist, dass die alte Sternwarte in Gotha Seeberg und nicht Seeburg hieß, oder dass Hermann Oberth nicht in Rumänien, sondern in Ungarn geboren wurde, fallen nicht weiter ins Gewicht.

Das Kapitel über mögliches Leben in der Venusatmosphäre halte ich für zu sehr breitgetreten angesichts der höchst spekulativen Natur des Gegenstands, die von den Autoren selbst auch gar nicht bestritten wird. Im Übrigen ist es positiv hervorzuheben, dass in dem Buch Weniges unhinterfragt bleibt. Immer wird man daran erinnert, dass der neueste Wissensstand schon bald ganz anders aussehen könnte.

Der Gesamteindruck des neuen Venus-Buches von Sheehan und Limaye ist jedenfalls ein sehr guter: Gut geschrieben, sehr informativ, schöne Bilder und sowohl der Amateurastronom als auch der Raumfahrt- oder Planetologie-Enthusiast kommt auf seine Rechnung. Unbedingt zu empfehlen!

Die Venus wird sowohl in der Raumfahrt als auch in der Amateurastronomie eher stiefmütterlich behandelt.

Martin Stangl betreibt eine Privatsternwarte in der Weststeiermark (Österreich), deren Bibliothek derzeit 727 Bände zählt.