

## ■ Introduction to Black Hole Physics

Schwarze Löcher faszinieren Laien wie Experten. Der Reiz dieser Objekte lässt sich rasch zusammenfassen: Sie sind extrem, nicht nur hinsichtlich ihrer Massendichte. Sie erzeugen auch höchstenergetische Strahlung und höchste Temperaturen. Sie sind sogar Orte, wo die Zeit still steht und die Physik zusammenbricht. In der Astronomie spielen Schwarze Löcher eine große Rolle bei der Galaxien- und Sternentwicklung sowie im kosmischen Materiekreislauf.

Die Physiker Valeri Frolov und Andrei Zelnikov von der Universität von Alberta (Kanada) sind Experten auf dem Gebiet der Theorie Schwarzer Löcher und legen ein knapp 500-seitiges Lehrbuch vor, das auf Vorlesungen zum Thema beruht. Sie wenden sich explizit an Studenten, Postdocs und Wissenschaftler. Das Buch ist also kein populärwissenschaftliches Sachbuch, sondern ein englischsprachiges Lehrbuch, das ein Verständnis von Schwarzen Löchern knallhart mit mathematischen Gleichungen sucht.

Der Schwerpunkt des Buchs ist eindeutig die mathematische



V. Frolov und A. Zelnikov: **Introduction to Black Hole Physics**  
Oxford University Press, 2011, geb., 504. S., £ 57,50, ISBN 9780199692293

Theorie Schwarzer Löcher, sprich die Allgemeine Relativitätstheorie (ART). Das verwundert nicht, ist sie doch diejenige Gravitationstheorie, die Schwarze Löcher vorher sagt. Es ist eine Stärke des Buchs, dass die Astrophysik Schwarzer Löcher, aber auch kompakter Objekte, Sternexplosionen, Akkretionsphysik und Jets sowie Beobachtungen und moderne Entwicklungen (z. B. versteckte Symmetrien, Schwarze Löcher in Teilchenbeschleunigern) angesprochen und vor allem quantitativ behandelt werden.

Schwarze Löcher sind spezielle Lösungen von Einsteins Theorie und damit gekrümmte Raumzeiten. In der Theorie ist man daran interessiert zu verstehen, wie Schwarze Löcher mit Licht und Materie wechselwirken. Das Buch präsentiert die dazu notwendige Mathematik mit Methoden und Resultaten konkreter Rechnungen. Viel Platz nehmen die wichtigsten Raumzeiten ein, nämlich Schwarzschild- und Kerr-Metrik. Dabei gehen die Autoren auf die Standardthemen ein: Tensoren, Linienelemente, Orbits um Schwarze Löcher, Geodätengleichung, Gravitationslinseneffekt, „Schatten“ Schwarzer Löcher, Carter-Penrose-Diagramme, Thermodynamik Schwarzer Löcher, Hawking- und Unruh-Effekt, Killing-Gleichung und Symmetrien. Schwarz-weiße, durchweg hochwertige Abbildungen ergänzen den Text, allerdings nicht im Überfluss.

Interessant ist es herauszufinden, in welche Bereiche neuer Physik uns die Erforschung Schwarzer Löcher führt. Während Frolov und Zelnikov dabei die höherdimensionalen Schwarzen Löcher vorstellen, sucht man vergeblich andere moderne Forschungszweige wie die Loop-Quantengravitation, die uns bei der Diskussion der Singularitäten begegnen. Das ist aus meiner Sicht die einzige Schwäche des Buchs.

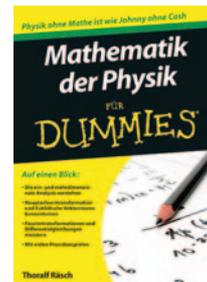
Wer soll das lesen? Ein Hintergrundwissen in Mathematik und ART ist sicher erforderlich. Ideal ist das Werk für Studenten der Physik und Mathematik. Wer bereits bewandert ist auf dem theoretischen Gebiet Schwarzer Löcher und die aktuellen Fachpublikationen verfolgt, wird im vorliegenden Buch allerdings nicht viel Neues entdecken.

Andreas Müller

## ■ Mathematik der Physik für Dummies

Dieses Buch behandelt die Themen, die für eine Lehrveranstaltung „Höhere Mathematik“ für Ingenieure, Naturwissenschaftler oder Informatiker relevant ist. Im Detail sind dies Themen aus der Linearen

Algebra und Analysis, wobei der Schwerpunkt auf letzterer liegt. Das Buch gliedert sich grob in vier Abschnitte und behandelt zunächst die Grundzüge der eindimensionalen Analysis. Beginnend mit dem Grenzwert- und Stetigkeitsbegriff geht es zunächst um die Untersuchung reeller Funktionen. Die wesentlichen Differentiations- und Integrationsregeln werden an zahlreichen Beispielen demonstriert.



Thoralf Räsch: **Mathematik der Physik für Dummies**  
Wiley-VCH, Weinheim 2011, 432 S., brosch., 24,95 €, ISBN 9783527705764

Der zweite Abschnitt behandelt die Lineare Algebra. Dem Autor gelingt es überzeugend, den von vielen Nichtmathematikstudierenden doch als sehr trocken und abstrakt wahrgenommenen Stoff anhand von zahlreichen Beispielen aus der Praxis interessant darzustellen. Der dritte Abschnitt umfasst die Themengebiete Funktionentheorie, Fourier-Reihen und das Lösen von Differentialgleichungen. Dies erfordert die Kenntnis von komplexen Zahlen, welche erst eingeführt werden müssen. Hier kann der Dozent für seine Vorlesung entscheiden, diesen Abschnitt mit dem letzten Abschnitt zu mehrdimensionaler Differential- und Integralrechnung als Ganzes zu vertauschen – innerhalb der Funktionentheorie ist die Berechnung komplexer Kurvenintegrale ja analog zur reellen Integration entlang Kurven. In der Physik ist es dagegen oft erwünscht, die komplexen Zahlen zügig einzuführen.

Der letzte Abschnitt führt in die mehrdimensionale Analysis ein. Der behandelte Stoff umfasst wesentliche Werkzeuge der Höheren Mathematik wie die Lagrange-Methode zum Lösen von Optimierungsaufgaben mit Nebenbedingungen, Volumenintegrale, Integrale auf Mannigfaltigkeiten und Vektoranalysis inklusive der in der Physik immer wieder benötigten Integralsätze von Gauß und Stokes.

Dr. Andreas Müller,  
Exzellenzcluster  
Universität der TU Mn-  
chen.

Prof. Dr. Sven Beuch-  
ler, Institut für Nu-  
merische Simulation,  
Universität Bonn

Dr. Matthias Lich,  
Gießen

Eine Zusammenfassung der wesentlichsten Resultate sowie physikalische Anwendungen der behandelten Mathematik runden dieses Buch ab. Bei allen Themengebieten wird dem Leser anhand von Beispielen mittels einer klaren Abfolge von abzuarbeitenden Schritten vermittelt, wie man das gewünschte Ergebnis erreicht. Dieses Buch sollte sich daher an diejenigen Studierenden mit Neben- oder Pflichtfach Mathematik richten, denen es um ein direktes Berechnen mathematischer Objekte, wie Integralen, geht. Primär zählen dazu die Studierenden der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Dieses Buch lässt sich aber auch in der universitären Ausbildung der Gymnasiallehrer für Mathematik und Physik einsetzen. Ein tieferes theoretisches Verständnis des besprochenen mathematischen Stoffes kann und soll es nicht vermitteln.

Sven Beuchler

## ■ Das kleine Buch der Stringtheorie

Steven Gubser, Stringtheoretiker an der Universität Princeton, unternimmt mit diesem Büchlein den Versuch, die Stringtheorie kompakt vorzustellen. In seiner gelungenen Einleitung bietet er zunächst einen knappen Abriss der Theorie und ihrer zentralen Versprechen. Für Gubser sind die Strings, die extrem kleinen „Fäden“, deren Schwingungszustände Teilchen bilden, erforderlich für eine große Vereinheitlichung der Gravitation mit den restlichen Feldtheorien. Noch ist dies eine Wunschvorstellung, denn bislang ist die Stringtheorie weder exakt theoretisch begründet noch empirisch überprüft.

Mit den ersten Kapiteln bietet der Autor wichtige Voraussetzungen für das Verständnis der Stringtheorie, wie Überlegungen zur Energie und quantenmechanische Grundlagen. Anschließend beschäftigt er sich mit der Gravitation und Schwarzen Löchern und beleuchtet, wie Supersymmetrie und der Higgs-Mechanismus mit

der Stringtheorie zusammenhängen. Dabei beginnt Gubser jedes Kapitel mit einer kurzen persönlichen Anekdote. Daraus zieht er allerdings nicht immer passende Analogien zur Physik. Die Details der Stringtheorie lernt man hier also nicht, dafür aber eine Menge Physik aus dem Umfeld. Dabei verzichtet der Autor weitgehend auf Mathematik, was den Leserkreis entscheidend vergrößern dürfte.

Steven Gubser räumt die möglichen Vorbehalte gegen die Stringtheorie auffallend freimütig ein, konkretisiert diese und die zugrundeliegenden Argumente jedoch nicht. Stattdessen konzentriert er sich auf die Supersymmetrie und die Eichtheorie als Indizien dafür,



S. S. Gubser:  
Das kleine Buch  
der Stringtheorie  
Spektrum Akademischer Verlag,  
Heidelberg 2011,  
174 S., geb.,  
19,95 €, ISBN  
9783827428486

dass die Stringtheorie auf dem rechten Weg ist. Dabei legt er besonderes Augenmerk auf seinen eigenen Forschungsschwerpunkt, den Versuch, die Kollisionen hochenergetischer schwerer Ionen mit Hilfe der Stringtheorie zu deuten. Hier sieht er Chancen, die Theorie in die Nähe von experimentellen Daten zu rücken.

Das hochwertig aufgemachte Büchlein besticht mit einem angenehmen Schriftbild, enthält aber nur wenige Abbildungen, um die Überlegungen zu unterstützen. Auch wenn es beansprucht, den unterschiedlichen Grad an Vorwissen der Leser zu berücksichtigen, dürfte es sich primär für Leser mit physikalischen Vorkenntnissen eignen.

Mit dieser Einschränkung lässt sich das unterhaltsam geschriebene Buch durchaus empfehlen. Die Stringtheorie wird darin zwar optimistisch, aber nicht übersteigert positiv dargestellt. Das Buch motiviert so, sich einmal intensiver mit der Thematik zu beschäftigen.

Matthias Lich