

Mechanik

Torsten Fließbach

Mechanik

Lehrbuch zur Theoretischen Physik I

6. Auflage

Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin · Oxford

Autor:

Prof. Dr. Torsten Fließbach

Universität Siegen

57068 Siegen

fliessbach@physik.uni-siegen.de

Vorwort

Das vorliegende Buch ist Teil einer Vorlesungsausarbeitung [1, 2, 3, 4] des Zyklus Theoretische Physik I bis IV. Es gibt den Stoff meiner Vorlesung Theoretische Physik I über die Mechanik Physik wieder. Diese Vorlesung wird in Siegen für die Physikstudenten im 3. Semester angeboten.

Die Darstellung bewegt sich auf dem durchschnittlichen Niveau einer Kursvorlesung in Theoretischer Physik. Der Zugang ist eher intuitiv anstelle von deduktiv; formale Ableitungen und Beweise werden ohne besondere mathematische Akribie durchgeführt.

In enger Anlehnung an den Text, teilweise aber auch zu dessen Fortführung und Ergänzung werden über 80 Übungsaufgaben gestellt. Diese Aufgaben erfüllen ihren Zweck nur dann, wenn sie vom Studenten möglichst eigenständig bearbeitet werden. Diese Arbeit sollte unbedingt vor der Lektüre der Musterlösungen liegen, die im *Arbeitsbuch zur Theoretischen Physik* [5] angeboten werden. Neben den Lösungen enthält das Arbeitsbuch ein kompaktes Repetitorium des Stoffs der Lehrbücher [1, 2, 3, 4].

Der Umfang des vorliegenden Buchs geht in einigen Teilen etwas über den Stoff hinaus, der während eines Semesters in einem Physikstudium üblicherweise an deutschen Universitäten behandelt wird. Der Stoff ist in Kapitel gegliedert, die im Durchschnitt etwa einer Vorlesungsdoppelstunde entsprechen. Natürlich bauen verschiedene Kapitel aufeinander auf. Es wurde aber versucht, die einzelnen Kapitel so zu gestalten, dass sie jeweils möglichst abgeschlossen sind. Damit wird einerseits eine Auswahl von Kapiteln für einen bestimmten Kurs (etwa in einem Bachelor-Studiengang) erleichtert, in dem der Stoff stärker begrenzt werden soll. Zum anderen kann der Student leichter die Kapitel nachlesen, die für ihn von Interesse sind.

Es gibt viele gute Darstellungen der Mechanik, die sich für ein vertiefendes Studium eignen. Ich gebe hier nur einige wenige Bücher an, die ich selbst bevorzugt zu Rate gezogen habe und die gelegentlich im Text zitiert werden. Als Standardwerk möchte ich zunächst die *Klassische Mechanik* von Goldstein [6] hervorheben. Für die einführenden Kapitel wurde ein ähnlicher Zugang gewählt wie die *Theoretische Mechanik* von Stephani und Kluge [7]. Schließlich sei noch der Band 1 des Lehrgangs von Landau-Lifschitz [8] erwähnt. Für die relativistische Mechanik benutze ich bevorzugt die einleitenden Kapitel von Weinbergs Buch [9] über die Allgemeine Relativitätstheorie.

Gegenüber der fünften Auflage dieses Buchs wurden einige Fehler beseitigt, an zahlreichen Stellen wurden kleinere Ergänzungen und Verbesserungen vorgenommen.

Bei Oliver Burghard, Christoph Kandetzki, Arthur Ruh, Hans Walliser und einigen anderen Lesern der früheren Auflagen bedanke ich mich für wertvolle Hinweise. Fehlermeldungen, Bemerkungen und sonstige Hinweise sind jederzeit willkommen, etwa über den Kontaktlink auf meiner Homepage www2.uni-siegen.de/~flieba/. Auf dieser Homepage finden sich auch eventuelle Korrekturlisten.

Mai 2009

Torsten Fließbach

Literaturangaben

- [1] T. Fließbach, *Mechanik*, 6. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2009 (dieses Buch)
- [2] T. Fließbach, *Elektrodynamik*, 5. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2008
- [3] T. Fließbach, *Quantenmechanik*, 5. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2008
- [4] T. Fließbach, *Statistische Physik*, 4. Auflage, Elsevier – Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2006
- [5] T. Fließbach und H. Walliser, *Arbeitsbuch zur Theoretischen Physik – Repetitorium und Übungsbuch*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2008
- [6] H. Goldstein, *Klassische Mechanik*, 11. Auflage, Aula Verlag, Wiebelsheim 1991
- [7] H. Stephani, G. Kluge, *Theoretische Mechanik*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1995
- [8] L. D. Landau, E. M. Lifschitz, *Lehrbuch der theoretischen Physik*, Band I, *Mechanik*, 14. Auflage, Deutsch (Harri), Frankfurt am Main 1997
- [9] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, John Wiley & Sons, New York 1972

Inhaltsverzeichnis

	Einleitung	1
I	Elementare Newtonsche Mechanik	3
1	Bahnkurve	3
2	Newtons Axiome	9
3	Erhaltungssätze	18
4	System von Massenpunkten	25
5	Inertialsysteme	31
6	Beschleunigte Bezugssysteme	40
II	Lagrangeformalismus	49
7	Lagrangegleichungen 1. Art	49
8	Anwendungen I	56
9	Lagrangegleichungen 2. Art	65
10	Anwendungen II	76
11	Raum-Zeit-Symmetrien	86
III	Variationsprinzipien	95
12	Variation ohne Nebenbedingung	95
13	Variation mit Nebenbedingung	104
14	Hamiltonsches Prinzip	115
15	Noethertheorem	121
IV	Zentralpotenzial	131
16	Zweikörperproblem	131
17	Keplerproblem	141
18	Streuung	151
V	Starrer Körper	165
19	Kinematik	165
20	Trägheitstensor	171

21	Tensoren	180
22	Eulersche Gleichungen	191
23	Schwerer Kreisel	199
VI	Kleine Schwingungen	209
24	Erzwungene Schwingungen	209
25	System mit vielen Freiheitsgraden	217
26	Anwendungen	226
VII	Hamiltonformalismus	235
27	Kanonische Gleichungen	235
28	Kanonische Transformationen	243
29	Hamilton-Jacobi-Gleichung	251
VIII	Kontinuumsmechanik	255
30	Saitenschwingung	255
31	Balkenbiegung	264
32	Hydrodynamik	269
33	Feldtheorien	283
IX	Relativistische Mechanik	289
34	Relativitätsprinzip	289
35	Längen- und Zeitmessung	299
36	Lorentzgruppe	312
37	Lorentztensoren	318
38	Bewegungsgleichung	325
39	Anwendungen	335
40	Lagrangefunktion	346
	Register	353