

Harald Wiedemann

Numerische Physik

Mit 72 Abbildungen, zahlreichen Übungen
und einer CD-ROM
mit Beispielprogrammen und Programmpaketen



Springer

Dr. Harald Wiedemann
Hattsteinstr. 6
79423 Heitersheim, Deutschland
e-mail: wiedemann.harald@litem.de

ISBN 3-540-40774-x Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek.

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer-Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004
Printed in Germany

Die dem Buch beigelegten Programme des Autors unterliegen der GPL (Gnu General Public License).

Die nachfolgenden Namen sind eingetragene Warenzeichen: Linux[®] by Linus Torvalds; Intel[®] und Pentium[®] by Intel Corp.; AMD[®] by Advanced Micro Devices, Inc.; Windows[®] by Microsoft Corp.; Visual Numerics[®] und IMSL by Visual Numerics; NAG[®] by The Numerical Algorithms Group Ltd.; Adobe[®], Acrobat Reader[®], Postscript[®] by Adobe Systems Inc.; Red Hat[®] by Red Hat Software Inc.; SUSE[®] by SuSE Linux AG

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Satz: Druckfertige Daten vom Autor erstellt unter Verwendung eines Springer L^AT_EX₂ε Makropakets

Einbandgestaltung: *design & production* GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

SPIN: 10934104 56/3141/jl - 5 4 3 2 1 0

Inhaltsverzeichnis

1	Mechanik der Massenpunkte	1
1.1	Die Newtonschen Gesetze.....	1
1.2	Das Fadenpendel.....	3
1.2.1	Verifizierung des Programms.....	11
1.2.2	Graphische Darstellung und Interpretation der Ergebnisse.....	12
1.2.3	Verbesserung des Algorithmus.....	14
1.3	Das Doppelpendel.....	26
1.4	Integrale und nicht integrale Dynamiken.....	32
1.5	Reguläre und chaotische Dynamiken.....	40
1.6	Das Teilchen in der Schachtel.....	45
1.7	Hamilton-Formalismus.....	52
1.8	Attraktoren in dissipativen Systemen.....	52
1.9	Das periodisch angetriebene Pendel.....	55
1.10	Der schiefe Wurf mit Luftwiderstand.....	61
	Übungen.....	66
2	Elektrodynamik	71
2.1	Die Maxwell'schen Gleichungen.....	71
2.2	Felder von Punktladungen.....	72
2.3	Multipole.....	73
2.4	Berechnung von Feldlinien.....	76
2.5	Magnetfelder stationärer Ströme.....	80
2.6	Hysterese.....	92
	Übungen.....	96
3	Optik	99
3.1	Historischer Überblick.....	99
3.2	Grundbegriffe der Strahlenoptik.....	100
3.3	Brechung und Reflektion von Licht.....	101
3.4	Brechung an einer Linsenfläche.....	105
3.5	Bild durch eine Linse – Linsenfehler.....	111
3.6	Entstehung eines Regenbogens.....	116
3.6.1	Qualitative Erklärung des Regenbogens.....	117
3.6.2	Quantitative Vorüberlegungen.....	118

3.6.3	Programm zur Berechnung eines Regenbogens	120
3.6.4	Der Regenbogen bei ellipsoidförmigen Regentropfen . . .	124
3.7	Grundlagen der Wellenoptik	125
3.8	Ebene Wellen und Kugelwellen	126
3.9	Interferenz	127
3.10	Das Huygenssche Prinzip	128
3.11	Berechnung von Beugungsmustern	129
3.12	Kohärenz	134
3.13	Beugung bei endlicher Kohärenzlänge	137
	Übungen	142
4	Statistische Physik	147
4.1	Grundbegriffe der Statistik	147
4.2	Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten	148
4.3	Mittelwerte und Momente	150
4.4	Bedingte Wahrscheinlichkeiten und Korrelationen	150
4.5	Dynamik bei statistischen Problemen	152
4.6	Der Random-Walk	153
4.6.1	Stochastische Differentialgleichung des Random-Walk .	154
4.6.2	Mastergleichung des Random-Walks	158
4.6.3	Verbesserung des Random-Walk-Modells	160
4.7	Thermisches Hüpfen	170
4.8	Thermalisierung in Gasen	176
4.8.1	Energieerhaltung	177
	Übungen	189
5	Quantenmechanik	193
5.1	Die mathematische Struktur der Quantenmechanik	193
5.2	Operationen im Hilbertraum	193
5.3	Eigenzustände und ihre Verwendung als Koordinatensysteme .	195
5.4	Orts- und Impulsdarstellung	197
5.5	Die Kopenhagener Interpretation der Quantenmechanik	199
5.6	Schrödingergleichung	199
5.7	Bestimmung des Hamilton-Operators	200
5.8	Das freie Teilchen	200
5.9	Eigenzustände des Hamiltonoperators	213
5.10	Variationsmethoden	219
5.11	Quantentunneln	226
5.12	Einführung in die Quantenstatistik	233
5.13	Ein Zwei-Niveau-System mit äußerer Anregung	235
5.14	Messprozess	241
5.15	Der Zeno-Effekt	242
5.16	Ein Ein-Atom-Laser	246
	Übungen	254

Anhang	257
A Installation der Pakete unter Linux	257
B Installation der Pakete unter Windows	261
C Mathematische Bibliotheken	265
D Fortran und C	269
E Filterprogramme	275
F Fouriertransformation und FFT-Routinen	285
G Die GPL-Lizenz	289
Literaturverzeichnis	293
Index	295