

Ausgewählte Aufgaben und Probleme aus der Experimentalphysik

Eine Einführung in die exakte Behandlung
physikalischer Fragestellungen

Zugleich dritte, vermehrte Auflage der
Ergänzungen zur Experimentalphysik

Von

Dr. H. Greinacher

vorm. o. Professor der Physik an der Universität Bern

Mit 117 Textabbildungen



Wien

Springer-Verlag

1953

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in
fremde Sprachen, vorbehalten.

ISBN-13 978-3-211-80301-1 e-ISBN-13: 978-3-7091-7817-1
DOI: 10.1007/978-3-7091-7817-1

Meinem ehemaligen Lehrer
Herrn Geheimrat
Professor Dr. Max Planck
in Verehrung und Dankbarkeit
gewidmet

Vorwort zur ersten Auflage.

Dieses Buch bildet eine Herausgabe der Vorlesungen, die ich in Ergänzung zu meinen Vorlesungen über Experimentalphysik an der Universität Bern halte. In diesen „Ergänzungen zur Experimentalphysik“ wurden jeweils ausgewählte Aufgaben, Fragen und Probleme behandelt, wie sie sich gerade im Anschluß an die Hauptvorlesung ergaben. Es war dabei keineswegs die Absicht, den an und für sich schon reichlichen Wissensstoff noch wesentlich zu vermehren. Vielmehr sollte die ja immer unzulängliche kursorische Vermittlung des Stoffes dadurch wirksamer gemacht werden, daß ich die Studierenden zu selbständiger Bearbeitung von physikalischen Fragen anleitete. Die rein rezeptive Arbeit der Hörer sollte so durch eine produktive Mitarbeit lebendig gestaltet werden. Bald bot sich hier als Thema ein Gegenstand, der in der Hauptvorlesung nur kurz berührt werden konnte und der sich nun ausführlich und exakt behandeln ließ, bald wurden die neu erworbenen Kenntnisse zur Lösung einer instruktiven Aufgabe verwendet. Dann wieder kamen Zusammenhänge zur Sprache, die in Physikbüchern vielfach nicht deutlich genug hervortraten. Gelegentlich aber wurden auch neuartige Themen und interessant scheinende Probleme zur Behandlung gestellt.

Die Absicht ging dahin, die Durchdringung des Stoffes auch einem größeren Kreise zu ermöglichen. Man mußte sich daher einerseits auf elementare mathematische Hilfsmittel beschränken und andererseits versuchen, die Entwicklungen und Beweise so einfach und durchsichtig als möglich zu gestalten. Auf diese Weise konnte es gelingen, sogar Dinge, deren Behandlung in der Experimentalphysik gewöhnlich als zu schwierig befunden wird, dem Verständnis nahezubringen. Nicht unwichtig schien es

mir, gelegentlich einen Beweis nicht nur durchzuführen, sondern auch etwas über das Warum des begangenen Weges sowie über weitere Möglichkeiten der Behandlung zu sagen. Auch wurde kurz auf Fragen eingegangen, die einem kritisch begabten Anfänger bei der Bearbeitung auftauchen mögen. Das Ziel war, den Studierenden allmählich in die geistige Werkstatt des praktischen Physikers einzuführen und ihn mit dem dort vorhandenen Rüstzeug vertraut zu machen.

In gleicher Weise möchte nun auch dieses Buch versuchen, Kenntnisse und Fähigkeiten zu vermitteln. Immerhin könnte auch eine noch so geeignete Darstellung dieses Ziel nie voll erreichen, wenn nicht der Lernende mitarbeiten und sich an neuen Aufgaben selbst versuchen würde. So möge er sich denn jeweils nach dem Studium eines Paragraphen nochmals zur selbständigen Durchführung der Aufgabe hinsetzen. Je nach der erlangten Übung wird ihm die Führung eines einfacheren Beweises gelegentlich schon nach Lesen der Einleitung gelingen. Eine erhöhte Selbständigkeit und Freude am Selbsterarbeiteten sollen ferner die Aufgaben bezwecken, die vielfach am Schlusse der Abschnitte gestellt werden. Diese sind so gewählt, daß sie in engem Anschluß an den behandelten Gegenstand unmittelbar gelöst werden können, so daß mir eine Bearbeitung im Text nicht erforderlich schien. Es war mir immer eine besondere Freude zu sehen, wie auch nicht Naturwissenschaften Studierende allmählich zur Lösung solcher Aufgaben befähigt wurden und wie sich allgemein ein lebendiges Interesse an der physikalischen Ideenwelt und sozusagen am physikalischen Denksport einstellte. Dabei habe ich selbst auch manche Anregung erfahren.

Was den Charakter des Buches anbelangt, so soll es nicht eine mit physikalischen Beispielen versehene Einführung in die Mathematik des Naturwissenschaftlers darstellen, vielmehr ein Physikbuch, bei dem die Mathematik nur das nötige Beiwerk zur exakten Behandlung liefert. Als Sammlung von Themen und Aufgaben und in seiner didaktischen Art, sowie entsprechend der Behandlung von neuartigen Fragen dürfte es auch für den Fachkollegen nicht ohne Interesse sein. Der Hauptsache nach aber möchte dieses Buch allen Studierenden, die Physik als Haupt- oder Nebenfach studieren, Wissen, Können und Anregung vermitteln und manchem bei der Lektüre seines Experimentalphysik-

buches ein zusätzlicher Ratgeber und Wegbereiter sein. Darüber hinaus aber mag es vielleicht dem angehenden Physiker auch den Übergang zum Studium der theoretischen Physik erleichtern helfen. So möchte ich denn wünschen, daß diese „Ergänzungen zur Experimentalphysik“ nicht nur im eigenen Hörsaal, sondern nun auch in einem größeren Kreise fruchtbringend wirken mögen.

Bern, Mai 1942.

H. Greinacher.

Vorwort zur dritten Auflage.

Seit dem erstmaligen Erscheinen der „Ergänzungen zur Experimentalphysik“ ist nunmehr ein Jahrzehnt verfloßen. In dieser Zeit hatte der Verfasser Gelegenheit, in seinen Ergänzungsvorlesungen weiterhin neue Aufgaben und Probleme, wie sie sich im Anschluß an die Hauptvorlesung über Experimentalphysik ergaben, zu behandeln. Da er inzwischen von der Lehrtätigkeit zurückgetreten ist, sieht er den Zeitpunkt für gekommen, um die neu behandelten Themen zu sichten und zu sammeln und mit dieser Auswahl die ursprüngliche Buchausgabe zu bereichern. Dies geschieht nun so, daß die neuen Kapitel einfach als „Neue Folge“ der unveränderten zweiten Auflage angegliedert und zusammen mit dieser als dritte Auflage herausgegeben werden.

Die zweite Auflage unterscheidet sich nicht wesentlich von der ersten, da sie schon bald nach deren Erscheinen für den Druck bereitzustellen war, dann allerdings infolge der damaligen Kriegsverhältnisse erst 1948 herauskommen konnte. Sie enthält lediglich zwei neue Kapitel. In der vorliegenden dritten Auflage kommen hingegen noch 22 neue Kapitel aus allen Gebieten der Physik hinzu, wobei durchwegs Themen gewählt wurden, die entweder grundlegend wichtig sind oder sonst allgemeineres Interesse beanspruchen dürfen.

Die unveränderte Übernahme der zweiten Auflage in die dritte bringt es mit sich, daß die verwendeten Buchstabensymbole vielfach nicht übereinstimmen. Da heute eine Vereinheitlichung und Normalisierung der Buchstabenbezeichnung physikalischer Größen angestrebt wird, mußte diesem Umstande im neu verfaßten Text Rechnung getragen werden. Gelegentlich kommt

in der verschiedenen Behandlungsweise der Themen auch zum Ausdruck, daß sich auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus eine veränderte Konzeption und eine Abkehr vom klassischen absoluten Maßsystem bemerkbar macht. Doch dürfte auch heute noch das Vertrautsein mit den verschiedenen Aspekten für den Physik Studierenden nützlich sein.

Den neuen Kapiteln sind wiederum Aufgaben beigelegt, um den Studierenden zur Mitarbeit anzuregen und ihn im Streben nach Erlangung einer gewissen Selbständigkeit in der Bearbeitung physikalischer Aufgaben und Probleme zu unterstützen. Der Vollständigkeit halber ist am Schluß noch eine Zusammenstellung der Veröffentlichungen des Verfassers gegeben, soweit sie in unmittelbarem Zusammenhang mit den einzelnen Paragraphen stehen.

Über Charakter und Zielsetzung des Buches hat sich der Verfasser schon im Vorwort zur ersten Auflage geäußert. Es bleibt ihm nur noch zu wünschen, daß die dritte Auflage dank ihres erweiterten Inhalts in der Lage ist, in vermehrtem Maße zur Erreichung des gesteckten Zieles beizutragen.

Bern, April 1953.

H. Greinacher.

Inhaltsverzeichnis.

* Neue Folge.

I. Mechanik.

	Seite
1. Die Brückenwaage.....	1
2. Schwingungsdauer einer Flüssigkeit im U-Rohr	3
3. Änderung der Schwerebeschleunigung infolge der Drehung der Erde	4
4. Wie weit ist der Mond von der Erde entfernt?.....	6
5. Wie groß ist das Gewicht einer laufenden Sanduhr?	8
6. Kreisbewegung und Impuls.....	11
7. Ableitung der Wurfgesetze aus dem Impulssatz	14
8. Masse und Geschwindigkeit	16
9. Die Gesetze des freien Falles in der speziellen Relativitätstheorie	17
10. Reaktionskraft eines seitlich aus einem Gefäß austretenden Flüssigkeitsstrahls	21
11. Wie weit spritzt ein Flüssigkeitsstrahl aus einer seitlichen Öffnung?	22
12. Die barometrische Höhenformel	24
*69. Bestimmung der Ruhelage aus Schwingungen	181
*70. Gleichgewicht eines angelehnten Stabes.....	185
*71. Der Kollergang	190
*72. Radfahren auf Kurven.....	194

II. Akustik und Wellenlehre.

13. Newtonsche Formel für die Schallgeschwindigkeit	26
14. Schallgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit	27
15. Welches ist die Tonfrequenz, die ein Beobachter hört, wenn er sich gleichzeitig mit der Tonquelle bewegt?	30
16. Echo und Geschwindigkeit bewegter Schallquelle	31
17. Die diatonische Tonleiter als Tonspektrum.....	32
18. Mathematischer Ausdruck für eine Welle	35
19. Zusammenhang zwischen stehender und fortschreitender Welle.	37
20. Entstehung der Schwebungen durch Interferenz.....	40
21. Schwebungen bei veränderlicher Wellengeschwindigkeit.....	42
*73. Doppler-Effekt bei bewegtem Schallträger	199

III. Wärmelehre.

22. Die Barometerkorrektur	44
23. Thermische Kräfte	46
24. Druck eines Radreifens	48
25. Verhältnis der spezifischen Wärmen c_p/c_v nach CLEMENT und DESORMES	50
26. Thomson-Joule-Effekt und mechanisches Wärmeäquivalent ...	53
27. Dampfdruck und Flüssigkeitskrümmung	57
28. Der Siedeverzug	59
29. Thermischer Wirkungsgrad eines Kreisprozesses	62
30. Die Clausius-Clapeyronsche Gleichung	67
*74. Gasdichte in kommunizierenden Gefäßen	202
*75. Vakuum durch Hitze	205
*76. Entropieänderung bei der Mischung zweier verschieden temperierter Flüssigkeiten	209
*77. Reversible und irreversible Temperaturänderung	214

IV. Optik (Strahlungslehre).

31. Minimum der Strahlenablenkung durch ein Prisma	71
32. Das Brechungsgesetz aus dem Fermatschen Satz	74
33. Beziehung zwischen Linsen- und Spiegelgleichung	78
34. Bestimmung der Brechkraft einer Zerstreuungslinse aus ihrer ver- kleinernden Wirkung	79
35. Brennweite und Lage der Hauptebenen zweier zentrierter Linsen .	82
36. Brennweite und Hauptebenen einer Linse	84
37. Beziehung zwischen Fernrohr und Mikroskop	88
38. Kirchhoffsches Strahlungsgesetz	91
*78. Lupenvergrößerung und Augenabstand	217
*79. Plankonvexe Lupe	221
*80. Auflösungsvermögen von Mikroskop und Fernrohr	224
*81. Kristallplättchen zwischen gekreuzten Nicols	228

V. Elektrizität und Magnetismus.

A. Magnetostatik.

39. Feld eines Stabmagneten in der 1. und 2. Hauptlage	93
40. Feld eines Dipols	95
41. Magnetisches Ohmsches Gesetz	98
42. Der Entmagnetisierungsfaktor	100

B. Elektromagnetismus.

43. Magnetische Wirkung stromumflossener ebener Flächen	105
44. Magnetfeld eines Kreisstroms und eines Solenoids	108
45. Feld eines Elektromagneten	112
46. Energieaufnahme einer Stromspule	115
*82. Das magnetische Feld in der Strombahn	231

C. Elektrostatik.

47. Die Potentialwaage	118
48. Das Quadrant-Elektrometer	121
49. Potentialfeld einer geladenen Kugel	124
50. Feld in der Nähe einer elektrisch geladenen ebenen Fläche und elektrostatischer Druck	127
51. Kraftwirkung einer geladenen Kugel	131
52. Direkte Berechnung des Feldes einer geladenen Kugel	134
53. Kapazitätsänderung eines Kondensators durch eine geerdete Um- hüllung	136
*83. Maxwellsche Spannungen	234
*84. Feld und Polarisation in einem Dielektrikum	237
*85. Kondensator mit partiellem Dielektrikum	241

D. Elektrodynamik.

54. Wheatstonesche Brücke	139
55. Gruppenschaltung von galvanischen Elementen	142
56. Leuchttemperatur einer Metallfadenlampe	145
57. Dissoziationsgrad eines Elektrolyten	147
58. Elektromotorische Kraft und Energieverbrauch des galvanischen Elements	150
59. Selbstinduktion einer Stromspule	154
*86. Charakteristik eines Ohmschen Widerstandes	244

E. Elektrotechnik.

60. Energieabgabe einer Stromquelle bei angeschlossenem Elektro- motor	155
61. Leistungsaufnahme eines Elektromotors	157
62. Addition von Wechselstromgrößen	159
63. Wechselstromwiderstand eines Schwingungskreises	161
*87. Stabilitätsbedingung für den Lichtbogen	247
*88. Kipperschwingungen	251

VI. Radiologie und Atomphysik.

64. Druck durch bewegte Ionen	164
65. Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit mit Hilfe von Ionenströmen	169
66. Kathodenstrahlengeschwindigkeit und Beschleunigungsspannung	172
67. Magnetische Ablenkung bewegter Ionen; die Magnetronanordnung	174
68. Röntgenwellen und Materiewellen	178
*89. Wirkungsquerschnitt kleinster Teilchen	254
*90. Gruppengeschwindigkeit der Materiewellen	257
Sachverzeichnis	260
Veröffentlichungen des Verfassers	266