

Gerthsen · Pollermann

Einführung in das
Physikalische Praktikum

für Mediziner und für das Anfängerpraktikum

6. erweiterte und verbesserte Auflage

Max Pollermann



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1971

Dr. MAX POLLERMANN
Kernforschungsanlage Jülich
apl. Professor an der Technischen Hochschule Aachen

Mit 182 Abbildungen

ISBN-13:978-3-540-05510-5

e-ISBN-13:978-3-642-80629-2

DOI: 10.1007/978-3-642-80629-2

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Bei Vielfältigungen für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© by Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1941, 1953, 1960, 1964, 1967, and 1971.

Softcover reprint of the hardcover 6th edition 1971

Library of Congress Catalog Card Number: 77-165797

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buche 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

Vorwort

Mit den Erweiterungen zur vierten und fünften Auflage hat das Buch einen Umfang erreicht, der für eine Einführung dieser Art nicht mehr wesentlich vergrößert werden sollte. Neben der Einleitung, in der das Wichtigste über Größen und Einheiten, Messen und Meßfehler, Protokollierung und Auswertung gebracht wird, betrafen sie vor allem Grundversuche zur Elektrodynamik, zur Elektronik, zur praktischen Optik und zur Strahlenmeßtechnik. Dabei war der Verfasser stets darauf bedacht (z. B. in der Optik), Grundtypen von Geräten zu beschreiben, in denen das physikalische Prinzip klar durchschaubar ist. Die modernen Industriegeräte lassen sich dann an Hand der Prospekte leicht verstehen.

Die sechste Auflage erhielt im Text lediglich kleine Verbesserungen und Ergänzungen. Der Anhang wurde jedoch umgearbeitet und erweitert. Den Anlaß dazu gab das Bundesgesetz über Einheiten und Meßwesen vom 2. Juli 1969. Es fordert als gesetzliche Einheiten die Basiseinheiten des Internationalen Einheitensystems (SI) und daraus abgeleitete Einheiten.

Nun wurden im vorliegenden Buch in den meisten Fällen von vornherein die modernen MKSA-Einheiten benutzt und den Ableitungen, z. B. auf S. 151 und S. 161, zugrundegelegt. Der Anschaulichkeit halber wurde dann nachträglich auf die gebräuchlichen alten Einheiten (z. B. Röntgen) umgerechnet. Diese Umrechnung kann in Zukunft entfallen. Dagegen wird es häufig notwendig sein, Werte von alten Einheiten auf neue Einheiten umzurechnen. Dafür bringt der Anhang des Buches Umrechnungen (Tabelle IV).

Wesentlich ist die Abschaffung der speziellen Einheit der Wärmemenge, d. h. der Kalorie. Auf den ersten Blick scheint es, als ob damit die Bestimmung des Wärmeäquivalents ihren Sinn verloren hätte. Dem ist aber nicht so. Nach wie vor ist die Wärmeenergie eine besondere Energieform. Ihre alte Einheit, die Kilokalorie, ist von den weiterhin gültigen Einheiten der Masse (hier

auf Wasser bezogen) und dem $^{\circ}\text{C}$ abgeleitet und auf die große praktische Bedeutung der Erwärmung des Wassers zugeschnitten. Mit der neuen Einheit, dem Joule, kann man diese Erwärmung nur dann berechnen, wenn man die spezifische Wärme des Wassers in der neuen Einheit bestimmt hat. Die Ermittlung des Wärmeäquivalents läuft also in Zukunft auf eine Bestimmung der spezifischen Wärme des Wassers in neuen Einheiten hinaus. An den Praktikumsversuchen ändert sich dadurch nur das Ziel, nicht das Verfahren.

Insgesamt bewirkt die Einführung der neuen gesetzlichen Einheiten eine Vereinfachung der Berechnungen, da Umrechnungsfaktoren wegfallen. Die Übergangsfrist, die für die meisten heute noch gebräuchlichen Einheiten am 31. Dezember 1977 ablaufen wird, sollte man dazu benutzen, sich die neuen Einheiten und ihre Ableitung aus den Basiseinheiten anzueignen. Dazu bringt der Anhang die Tabellen I und II. Auch die wichtigen Konstanten sind in den neuen Einheiten angegeben (Tabelle III). In Verbindung mit dem Text kann sich der Leser an Hand der Tabellen des Anhangs eine gute Übersicht über Größen und Einheiten und ihre Zusammenhänge verschaffen, sich damit einerseits auf ein Praktikum vorbereiten, andererseits die dort erworbenen Kenntnisse rasch ins Gedächtnis zurückrufen.

Jülich, im August 1971

M. Pollermann

Inhaltsverzeichnis

Die mit Sternchen * gekennzeichneten Abschnitte sind, soweit sie klein gedruckt sind, für Mediziner erläßlich.

Einleitung

Größen und Einheiten	1
Das Messen	3
Meßfehler	4
Die regelmäßigen, unsymmetrischen, systematischen Fehler S. 4 — Die unregelmäßigen, symmetrischen, zufälligen Fehler S. 5	
Protokollierung und Auswertung	6
Das Protokoll S. 6 — *Die numerische Auswertung einer Messung S. 6 — Die graphische Auswertung einer Meßfunktion S. 8 — Dar- stellung des Meßergebnisses S. 9	

I. Wägung und Dichtebestimmung

Die Waage	9
Ausführung einer Wägung S. 11 — Fehlerbestimmung bei der Wä- gung S. 12	
Bestimmung von Dichte oder spezifischem Gewicht	14

II. Schwingungen und Wellen

Die lineare Schwingung S. 17 — Die Drehschwingung S. 18 —
Schwingungen elastischer Körper S. 20 — Der Elastizitätsmodul
S. 20 — *Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Störung S. 21 —
Schwingungsdauer und Frequenz S. 22 — Messung der Frequenz
einer Schwingung S. 23 — Wellenausbreitung S. 24 — Die Kundt-
sche Röhre S. 27 — Die Quinckesche Röhre S. 28

III. Oberflächenspannung und innere Reibung

Die Oberflächenspannung	30
Die Lenardsche Bügelmethode S. 31 — Steighöhenmethode S. 33	
Die innere Reibung	34
Das Kapillarviskosimeter nach Ostwald S. 36 — Die Kugelfall- methode S. 37	

IV. *Thermometrie und Hygrometrie*

Temperaturmessung	38
Das Luftthermometer	39
Thermoelemente S. 41	
Hygrometrie	43

V. *Kalorimetrie*

Wärme S. 45 — *Messung einer Abkühlungskonstanten S. 46 — Bestimmung der spezifischen Wärme einer Substanz mit dem Mischungskalorimeter S. 47 — *Korrektur bei der Bestimmung der spezifischen Wärme S. 48 — Messung der Umwandlungswärme S. 50 — Energieumwandlung S. 51 — *Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents S. 51 — Messung des elektrischen Wärmeäquivalents S. 53 — Der Energieerhaltungssatz S. 54

VI. *Messung von Strom und Spannung*

Die elektrischen Größen und Einheiten.	54
Elektrodynamik S. 56 — Elektrostatik S. 58	
Strommessung mit dem Voltmeter	59
Strommessung mit Drehspulinstrumenten	60
Spannungsmessung mit Drehspulinstrumenten S. 64	
Spannungsmessung nach der Poggendorffschen Kompensationsmethode	65
pH-Messung S. 65	
Spannungsmessung mit der Potentialwaage.	66
Spannungsmessung mit dem Elektrometer S. 67	

VII. *Messung elektrischer Widerstände und magnetischer Größen*

Widerstandsmessungen	68
Messung des Widerstandes aus Strom und Spannung S. 69 — Wheatstonesche Brücke S. 71 — Widerstandsmessung von Elektrolyten S. 72	
Messung magnetischer Größen	74
*Die magnetischen Größen und Einheiten S. 74 — Bestimmung der Induktionskonstanten μ_0 mit der Stromwaage S. 76 — Messung der Anziehung eines Elektromagneten S. 79	

VIII. *Messungen an Wechselströmen und Elektronik*

Der Wechselstrom	80
Durchgang des Wechselstroms durch einen Ohmschen Widerstand S. 81 — Induktiver Widerstand S. 83 — Kapazitiver Widerstand S. 85 — Messung induktiver und kapazitiver Widerstände S. 85 — Elektrische Schwingungen S. 87 — Der Transformator S. 90	
Elektronik.	92
Die Röhrendiode S. 92 — Die Halbleiterdiode S. 93 — Anwendung einer Diode zur Gleichrichtung von Wechselspannung S. 94 — Die Triode S. 96 — Der Transistor S. 97 — Anwendung einer Triode zur Verstärkung einer Wechselspannung S. 99	

IX. *Geometrische Optik*

Das Brechungsgesetz S. 101

Linsen 103

 Ablenkung eines Lichtstrahls durch ein Prisma S. 103 — Ablenkung eines Lichtstrahls durch eine Plankonvexlinse S. 104 — Fokussierung durch eine Plankonvexlinse S. 104 — Abbildung von Achsenpunkten durch eine Plankonvexlinse S. 105 — Abbildung von achsennahen Punkten durch eine Plankonvexlinse S. 106 — Abbildung durch beliebige Linsen S. 106 — Die Brennweite einer Plankonkavlinse S. 107 — Die Brennweite einer Bikonvexlinse S. 107 — Brennweite von Linsenzusammensetzungen S. 107 — Brechkraft von Linsen S. 108 — Dicke Linsen S. 108 — Bestimmung der Brennweite von Linsen S. 108 — Bestimmung der Brennweite und der Hauptpunkte eines photographischen Objektivs S. 109

Abbildungsfehler 110

 Die Farbabweichung oder chromatische Aberration S. 110 — Der Öffnungsfehler und der Verstoß gegen die Sinusbedingung S. 111 — Die Bildfeldkrümmung und der Astigmatismus S. 112 — Das Koma S. 113 — Beleuchtungslinsen, Blenden und Verzeichnungen S. 113

Die optischen Instrumente. 115

 Das menschliche Auge S. 115 — Die Lupe S. 117 — Das Fernrohr S. 117 — Das Mikroskop S. 119 — Bestimmung der Vergrößerung eines Mikroskops S. 122 — Längenmessung mit dem Mikroskop S. 123 — *Das Auflösungsvermögen des Mikroskops S. 124

Refraktometrie. 126

X. *Wellenoptik*

Lichtwellen S. 127 — Beugung des Lichtes S. 129 — Wellenlängenmessung mit dem Beugungsgitter S. 131

Eichung eines Prismenspektrometers 132

Polarimetrie 134

XI. *Photometrie*

Die Lichtstärke S. 137 — Ausbreitung einer Strahlung S. 139 — Messung von Lichtstärken mit dem Photometer S. 139 — Photometrie farbiger Lichtquellen S. 140 — Die objektiven Methoden der Photometrie S. 142 — Messung des Absorptionskoeffizienten von Rauchglas mit der Photozelle S. 143 — Messung der Beleuchtungsstärke mit dem Photoelement S. 144

XII. *Röntgenstrahlung und Radioaktivität*

Röntgenstrahlen 145

 Erzeugung von Röntgenstrahlen S. 147 — Nachweis und Messung der primären Röntgenstrahlen S. 149 — Radiologische Größen und Einheiten S. 150 — Messung mit der Ionisationskammer S. 152 — Nachweis und Messung der sekundären Röntgenstrahlen S. 155

Radioaktivität	158
Entstehung und Eigenschaften der radioaktiven Strahlen S. 158 —	
α -Strahlen S. 158 — β -Strahlen S. 159 — γ -Strahlen S. 159 —	
Größen und Einheiten S. 160 — Die Zerfallskonstante λ und Halb-	
wertszeit T_H S. 160 — Die Aktivität A und ihre Einheit, das Curie	
(Ci) S. 160 — *Aktivität und Dosisleistung S. 160 — Toleranzdosis	
S. 162 — Messung der γ -Aktivität mit dem Elektrometer S. 162 —	
Messung der γ -Aktivität mit dem Zählrohr S. 163 — Messung der	
β -Aktivität mit dem Zählrohr S. 165	
Künstliche Radioaktivität	166
Die Erzeugung von Neutronen S. 167 — Die Aktivierung durch	
Neutronen S. 168 — *Der Zerfall eines Radioisotops S. 169 — *Die	
Messung der Halbwertszeit von Silber 110 S. 170	

Anhang

Größen und Einheiten S. 172 — Dezimale Vielfache und Teile von	
Einheiten S. 173 — Wichtige Konstanten S. 173 — Umrechnung	
von alten Einheiten auf neue Einheiten S. 174 — Schaltzeichen	
S. 175 — Alte Schaltzeichen S. 176	
<i>Sachverzeichnis</i>	177