

Physikalisches Kurspraktikum für Mediziner und Naturwissenschaftler

Von

Jan van Calker

und

Hans-Rudolf Kleinhanß

Mit 94 Abbildungen
und 10 Tabellen

F. K. Schattauer Verlag · Stuttgart–New York

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
<i>Physikalische Grundbegriffe</i>	1
<i>Grundlagen des experimentellen Arbeitens</i>	4
1. Fehlerrechnung — Statistik	7
<i>1.1. Theoretische Grundlagen</i>	7
1.1.1. Fehler und ihre Ursachen	7
1.1.2. Statistische Gesetzmäßigkeiten — Verteilungsfunktionen	10
1.1.3. Auswertung endlicher Meßreihen	13
1.1.4. Fehlerfortpflanzung	16
<i>1.2. Versuche zur Fehlerrechnung und Statistik</i>	19
1.2.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	19
1.2.2. Versuch: Protokollführung und Auswertung bei statistisch verteilten Meßgrößen	19
1.2.3. Versuch: Beobachtungsfehler bei einer Geschwindigkeitsmessung	22
1.2.4. Versuch: Zählmethoden im klinischen Labor	24
1.2.5. Versuch: Zählstatistik beim radioaktiven Zerfall	25
1.2.6. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	27
2. Mechanische Größen	29
<i>2.1. Theoretische Grundlagen</i>	29
2.1.1. Einführung	29
2.1.2. Kraft und abgeleitete Größen	30
2.1.3. Mechanische Eigenschaften von Flüssigkeiten	34
<i>2.2. Messen mechanischer Größen</i>	37
<i>2.3. Versuche zur Mechanik der Flüssigkeiten</i>	41
2.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	41
2.3.2. Versuch: Meßprinzip der Mohrschen Waage	42
2.3.3. Versuch: Mohrsche Waage, Volumenkontraktionen	44
2.3.4. Versuch: Mohrsche Waage, Schwebemethode	46
2.3.5. Versuch: Ausflußviskosimeter	47

Inhaltsverzeichnis

2.3.6. Versuch: Viskosimeter nach Ostwald	49
2.3.7. Versuch: Bestimmung der Viskosität nach Stokes	51
2.3.8. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	53
3. Thermische Größen	55
3.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	55
3.1.1. Einführung	55
3.1.2. Zustandsgleichung, Änderung des Aggregatzustandes	57
3.1.3. Wärmemenge, Wärmeleitung	60
3.2. <i>Messen thermischer Größen</i>	63
3.3. <i>Versuche zur Wärmelehre: Bestimmung thermischer und kalorischer Größen</i>	64
3.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	64
3.3.2. Versuch: Gasthermometer, Bestimmung des isochoren Spannungskoeffizienten	64
3.3.3. Versuch: Gefrierpunktserniedrigung, Bestimmung der mo- laren Masse	67
3.3.4. Versuch: Mischungskalorimeter, spezifische Wärmekapazi- tät fester Körper	69
3.3.5. Versuch: Mischungskalorimeter, spezifische Wärmekapazi- tät von Flüssigkeiten	73
3.3.6. Versuch: Mischungskalorimeter, Schmelzwärme von Eis	74
3.3.7. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	75
4. Elektrische Größen: Grundlagen, Gleichstromgrößen	77
4.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	77
4.1.1. Grundbegriffe der Elektrizitätslehre	77
4.1.2. Schaltzeichen und Ersatzschaltbilder	80
4.1.3. Kirchhoffsche Regeln und Anwendungsbeispiele	82
4.2. <i>Elektrische Meßgeräte</i>	86
4.3. <i>Versuche zur Schaltung von Strom- und Spannungsmesser, spezielle Meßverfahren.</i>	91
4.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	91
4.3.2. Versuch: Schaltung elektrischer Meßgeräte	91
4.3.3. Versuch: Kennlinien elektrischer Schaltelemente	95

Inhaltsverzeichnis

4.3.4. Versuch: Kenngrößen einer Spannungsquelle, Spannungsmessung mit stromführenden Voltmetern, Poggendorffsche Kompensation	96
4.3.5. Versuch: Poggendorffsche Kompensation, Eichung eines Thermoelementes	101
4.3.6. Versuch: Wheatstonesche Brückenschaltung, Serien- und Parallelschaltung von Widerständen	104
4.3.7. Versuch: Wheatstonesche Brückenschaltung, Widerstandsthermometer	107
4.3.8. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	107
5. Zeitabhängige elektrische Größen: Wechselstromgrößen	109
5.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	109
5.1.1. Einführung	109
5.1.2. Wechselstromgrößen	111
5.1.3. Serienschaltung von R , L und C	112
5.1.4. Elektrische Leistungen im Wechselstromkreis	116
5.2. <i>Geräte zur Messung von Wechselstromgrößen</i>	118
5.3. <i>Versuche zum Verhalten von Wechselstromwiderständen</i>	119
5.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	119
5.3.2. Versuch: Wechselstromwiderstände bei der Serienschaltung von R , L und C	120
5.3.3. Versuch: R - C -Kombination als Hoch- und Tiefpaß	123
5.3.4. Versuch: Frequenzabhängigkeit des Wechselstromwiderstandes bei der Serienschaltung von R , L und C	125
5.3.5. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	129
6. Zeitaufgelöste Darstellung elektrischer Größen	131
6.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	131
6.1.1. Einführung	131
6.1.2. Einschaltvorgänge an der R - C -Kombination	131
6.1.3. Differenzierglied und Integrierglied	134
6.2. <i>Meßgeräte für eine zeitlich aufgelöste Darstellung elektrischer Größen</i>	135
6.2.1. Registrierende Meßgeräte	135
6.2.2. Der Elektronenstrahloszillograph	136

Inhaltsverzeichnis

6.3. <i>Versuche mit dem Oszillographen</i>	142
6.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	142
6.3.2. Versuch: Gleich- und Wechselfspannungsmessungen mit dem Oszillographen	142
6.3.3. Versuch: Die R-C-Kombination als Differenzier- und Integrierglied	144
6.3.4. Versuch: Oszillographische Darstellung der Kennlinien elektrischer Bauelemente	146
6.3.5. Versuch: Periodendauermessungen mit dem Oszillographen	148
6.3.6. Versuch: Periodendauermessung über Lissajous-Figuren	148
6.3.7. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	150
7. <i>Schwingungen und Wellen</i>	151
7.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	151
7.1.1. Einführung	151
7.1.2. Die ungedämpfte harmonische Schwingung	152
7.1.3. Die ungedämpfte harmonische Welle	154
7.1.4. Interferenz von Wellen	156
7.1.5. Superposition transversaler Schwingungen, Polarisation transversaler Wellen	158
7.1.6. Energie von Schwingungen und Wellen	159
7.2. <i>Elektroakustischer Wandler</i>	160
7.3. <i>Versuche an Schwingungen und Wellen</i>	162
7.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	162
7.3.2. Versuch: Federwaage, Federpendel	162
7.3.3. Versuch: Mathematisches Pendel	164
7.3.4. Versuch: Bestimmung des Adiabatenexponenten	167
7.3.5. Versuch: Schallgeschwindigkeit, Bestimmung der Wellenlänge durch Phasenvergleich	170
7.3.6. Versuch: Schallgeschwindigkeit, Bestimmung der Wellenlänge aus der Amplitudenverteilung einer stehenden Welle	171
7.3.7. Versuch: Schallgeschwindigkeit, Bestimmung der Wellenlänge durch Resonanz einer Luftsäule	173
7.3.8. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	174

8. Optische Größen und Untersuchungsmethoden	175
8.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	176
8.1.1. Einführung	176
8.1.2. Geometrische Optik	176
8.1.3. Phänomene der Wellen- und Quantenoptik	183
8.2. <i>Optische Meßgeräte</i>	185
8.3. <i>Versuche zur optischen Abbildung</i>	188
8.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	188
8.3.2. Versuch: Brennweite dünner Linsen, Anwendung der Linsenformel	188
8.3.3. Versuch: Brennweite dünner Linsen, Bessel-Methode	189
8.3.4. Versuch: Sphärische und chromatische Aberration einer Sammellinse	190
8.3.5. Versuch: Brennweite einer Zerstreuungslinse	192
8.3.6. Versuch: Vergrößerung einer Lupe.	193
8.3.7. Versuch: Mikroskop.	194
8.3.8. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	198
8.4. <i>Spezielle optische Untersuchungsmethoden</i>	199
8.4.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	199
8.4.2. Versuch: Polarimeter, Malussches Gesetz	200
8.4.3. Versuch: Polarimeter, Saccharimetrie	203
8.4.4. Versuch: Spektralanalyse	206
8.4.5. Versuch: Photometer, Lambert-Beersches Gesetz	208
8.4.6. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	211
9. Ionisierende Strahlen	212
9.1. <i>Theoretische Grundlagen</i>	213
9.1.1. Einführung	213
9.1.2. Wechselwirkung von Korpuskularstrahlung mit Materie	214
9.1.3. Wechselwirkung energiereicher elektromagnetischer Strahlung mit Materie	216
9.2. <i>Messen ionisierender Strahlung</i>	219
9.2.1. Meßgeräte	219
9.2.2. Dosimetrie	221

Inhaltsverzeichnis

9.3. <i>Versuche mit dem Geiger-Müller-Zählrohr: Grundprobleme des Strahlenschutzes</i>	225
9.3.1. Zusammenfassung der Lernziele und stofflichen Inhalte	225
9.3.2. Versuch: Geiger-Müller-Zählrohr	226
9.3.3. Versuch: Absorption monoenergetischer γ -Strahlung	232
9.3.4. Versuch: Absorption polychromatischer Röntgenstrahlung	235
9.3.5. Versuch: Absorption von β -Strahlung	239
9.3.6. Versuch: Geometrisches Abstandsgesetz für ionisierende Strahlung	242
9.3.7. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	244
10. Anhang: Elementare Differentialgleichungen und ihre Lösungsfunktionen	247
10.1. Die Exponentialfunktion	247
10.2. Die harmonische Schwingung	253
Sachverzeichnis	258