

Physikalisches Kurspraktikum für Mediziner und Naturwissenschaftler

Von
Jan van Calker †
und
Hans-Rudolf Kleinhanß

3. Auflage

Mit 98 Abbildungen und 12 Tabellen

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
1.1.5. Ausgleichsgerade, lineare Regression	19
<i>1.2. Versuche zur Fehlerrechnung und Statistik</i>	21
1.2.1. Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	21
1.2.2. Versuch: Protokollführung und Auswertung bei statistisch verteilten Meßgrößen	22
1.2.3. Versuch: Beobachtungsfehler bei einer Geschwindigkeitsmessung	24
1.2.4. Versuch: Zählmethoden im klinischen Labor	26
1.2.5. Versuch: Zählstatistik beim radioaktiven Zerfall	28
1.2.6. Versuch: Protokollführung und Auswertung bei einer funktionalen Abhängigkeit von Meßgrößen	30
1.2.7. Versuch: Bestimmung der Schallgeschwindigkeit	32
1.2.8. Versuch: Bestimmung von Zerfallskonstante und Halbwertszeit ei- nes radioaktiven Präparates	33
1.2.9. Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	37
2. Mechanische Größen	38
<i>2.1. Theoretische Grundlagen</i>	38
2.1.1. Einführung	38
2.1.2. Kraft und abgeleitete Größen	39
2.1.3. Mechanische Eigenschaften von Flüssigkeiten	43
<i>2.2. Messen mechanischer Größen</i>	46

2.3.	<i>Versuche zur Mechanik der Flüssigkeiten</i>	50
2.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	50
2.3.2.	Versuch: Meßprinzip der Mohrschen Waage	51
2.3.3.	Versuch: Mohrsche Waage, Volumenkontraktion	54
2.3.4.	Versuch: Mohrsche Waage, Schwebemethode	55
2.3.5.	Versuch: Ausflußviskosimeter	56
2.3.6.	Versuch: Viskosimeter nach Ostwald	58
2.3.7.	Versuch: Bestimmung der Viskosität nach Stokes	60
2.3.8.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	62
3.	Thermische Größen	64
3.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	64
3.1.1.	Einführung	64
3.1.2.	Zustandsgleichung, Änderung des Aggregatzustandes	66
3.1.3.	Wärme, Wärmeleitung	70
3.2.	<i>Messen thermischer Größen</i>	73
3.3.	<i>Versuche zur Wärmelehre: Bestimmung thermischer und kalorischer Größen</i>	74
3.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	74
3.3.2.	Versuch: Zustandsgleichung idealer Gase, isotherme und isochore Zustandsänderung	75
3.3.3.	Versuch: Gefrierpunktserniedrigung, Bestimmung der molaren Masse	77
3.3.4.	Versuch: Mischungskalorimeter, spezifische Wärmekapazität fester Körper	80
3.3.5.	Versuch: Mischungskalorimeter, spezifische Wärmekapazität von Flüssigkeiten	83
3.3.6.	Versuch: Mischungskalorimeter, Schmelzwärme von Eis	85
3.3.7.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	86
4.	Elektrische Größen: Grundlagen, Gleichstromgrößen	88
4.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	88
4.1.1.	Grundbegriffe der Elektrizitätslehre	88
4.1.2.	Schaltzeichen und Ersatzschaltbilder	91
4.1.3.	Kirchhoffsche Gesetze und Anwendungsbeispiele	93
4.2.	<i>Elektrische Meßgeräte</i>	98

4.3.	<i>Versuche zur Schaltung von Strom- und Spannungsmesser, spezielle Meßverfahren</i>	103
4.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	103
4.3.2.	Versuch: Schaltung elektrischer Meßgeräte	103
4.3.3.	Versuch: Kennlinien elektrischer Schaltelemente	107
4.3.4.	Versuch: Kenngrößen einer Spannungsquelle, Spannungsmessung mit stromführenden Voltmetern, Poggendorffsche Kompensation	108
4.3.5.	Versuch: Poggendorffsche Kompensation, Kalibrierung eines Thermoelementes	113
4.3.6.	Versuch: Wheatstonesche Brückenschaltung, Serien- und Parallelschaltung von Widerständen	116
4.3.7.	Versuch: Wheatstonesche Brückenschaltung, Widerstandsthermometer	119
4.3.8.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	119
5.	Zeitabhängige elektrische Größen: Wechselstromgrößen . .	121
5.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	121
5.1.1.	Einführung	121
5.1.2.	Wechselstromgrößen	123
5.1.3.	Serienschaltung von R , L und C	125
5.1.4.	Elektrische Leistungen im Wechselstromkreis	128
5.2.	<i>Geräte zur Messung von Wechselstromgrößen</i>	132
5.3.	<i>Versuche zum Verhalten von Wechselstromwiderständen</i>	133
5.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	133
5.3.2.	Versuch: Wechselstromwiderstände bei der Serienschaltung von R , L und C	133
5.3.3.	Versuch: R - C -Kombinationen als Hoch- und Tiefpaß	136
5.3.4.	Versuch: Frequenzabhängigkeit des Wechselstromwiderstandes bei der Serienschaltung von R , L und C	139
5.3.5.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	143
6.	Zeitaufgelöste Darstellung elektrischer Größen	145
6.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	145
6.1.1.	Einführung	145
6.1.2.	Einschaltvorgänge an der R - C -Kombination	145
6.1.3.	Differenzierglied und Integrierglied	148

6.2.	<i>Meßgeräte für eine zeitlich aufgelöste Darstellung elektrischer Größen</i>	149
6.2.1.	Registrierende Meßgeräte	149
6.2.2.	Elektronenstrahloszillograph	150
6.3.	<i>Versuche mit dem Oszillographen</i>	156
6.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	156
6.3.2.	Versuch: Messungen von Gleich- und Wechselspannungen und Zeitdifferenzen mit dem Oszillographen	157
6.3.3.	Versuch: Die <i>R-C</i> -Kombination als Differenzier- und Integrierglied	160
6.3.4.	Versuch: Oszillographische Darstellung der Kennlinien elektrischer Bauelemente	162
6.3.5.	Versuch: Periodendauermessungen über Lissajous-Figuren	163
6.3.6.	Versuch: Messung der Phasendifferenz über Lissajous-Figuren	165
6.3.7.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	166
7.	Schwingungen und Wellen	168
7.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	169
7.1.1.	Einführung	169
7.1.2.	Die harmonische Schwingung	169
7.1.3.	Die ungedämpfte harmonische Welle	172
7.1.4.	Ausbreitung und Überlagerung von Wellen	175
7.2.	<i>Messen akustischer Größen</i>	179
7.3.	<i>Versuche an Schwingungen und Wellen</i>	183
7.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	183
7.3.2.	Versuch: Federwaage, Federpendel	184
7.3.3.	Versuch: Mathematisches Pendel	186
7.3.4.	Versuch: Bestimmung des Adiabatenexponenten	188
7.3.5.	Versuch: Schallgeschwindigkeit, Messung der Impulslaufzeit, Impulsechoverfahren	191
7.3.6.	Versuch: Schallgeschwindigkeit, Bestimmung der Wellenlänge durch Phasenvergleich	195
7.3.7.	Versuch: Schallgeschwindigkeit, Bestimmung der Wellenlänge aus der Amplitudenverteilung einer stehenden Welle	196
7.3.8.	Versuch: Schallgeschwindigkeit, Bestimmung der Wellenlänge aus der Resonanz einer Luftsäule	199
7.3.9.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	200

8.	Optik: Linsen und Linsensysteme	201
8.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	201
8.1.1.	Einführung	201
8.1.2.	Geometrische Optik	202
8.2.	<i>Versuche zur optischen Abbildung</i>	210
8.2.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	210
8.2.2.	Versuch: Brennweite dünner Linsen, Anwendung der Linsenformel	210
8.2.3.	Versuch: Brennweite dünner Linsen, Bessel-Methode	211
8.2.4.	Versuch: Sphärische und chromatische Aberration einer Sammellinse	212
8.2.5.	Versuch: Brennweite einer Zerstreuungslinse	214
8.2.6.	Versuch: Augenmodell	215
8.2.7.	Versuch: Vergrößerung einer Lupe	217
8.2.8.	Versuch: Mikroskop	219
8.2.9.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	223
9.	Optische Strahlung, Wellenoptik	225
9.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	226
9.1.1.	Optische Strahlungsgrößen	226
9.1.2.	Phänomene der Wellen- und Quantenoptik	228
9.2.	<i>Optische Meßgeräte</i>	231
9.3.	<i>Spezielle optische Untersuchungsmethoden</i>	234
9.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	234
9.3.2.	Versuch: Polarimeter, Malussches Gesetz	235
9.3.3.	Versuch: Polarimeter, Saccharimetrie	238
9.3.4.	Versuch: Gitterspektrometer, Messung optischer Wellenlängen	241
9.3.5.	Versuch: Prismenspektrometer, Spektralanalyse	243
9.3.6.	Versuch: Photometer, Lambert-Beersches Gesetz	245
9.3.7.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	247
10.	Ionisierende Strahlen	249
10.1.	<i>Theoretische Grundlagen</i>	250
10.1.1.	Einführung	250
10.1.2.	Wechselwirkung von Korpuskularstrahlung mit Materie	251
10.1.3.	Wechselwirkung energiereicher elektromagnetischer Strahlung mit Materie	253

10.2.	<i>Messen ionisierender Strahlung</i>	256
10.2.1.	Meßgeräte	256
10.2.2.	Dosimetrie	258
10.3.	<i>Versuche mit dem Geiger-Müller-Zählrohr: Grundprobleme des Strahlenschutzes</i>	262
10.3.1.	Zusammenfassung von Lernstoff und Lernzielen	262
10.3.2.	Versuch: Geiger-Müller-Zählrohr	263
10.3.3.	Versuch: Absorption monoenergetischer γ -Strahlung	270
10.3.4.	Versuch: Absorption polychromatischer Röntgenstrahlung	272
10.3.5.	Versuch: Absorption von β -Strahlung	276
10.3.6.	Versuch: Geometrisches Abstandsgesetz für ionisierende Strahlung	280
10.3.7.	Anwendungsbeispiele zu den Versuchen und Anregungen zum Selbststudium	282
11.	Anhang: Elementare Differentialgleichungen und ihre Lösungsfunktionen	284
11.1.	<i>Die Exponentialfunktion</i>	284
11.2.	<i>Die harmonische Schwingung</i>	288
Sachverzeichnis	293