

Wilhelm Walcher

Praktikum der Physik

Unter Mitarbeit von

Prof. Dr. Phil. M. Elbel, Prof. Dr. phil. W. Fischer,
Dr. phil. Gerhard Popp, Doz. Dr. rer. nat. R. Sturm,
Dr. rer. nat. R. Thielmann, Prof. Dr. phil. W. Zimmermann

8., überarbeitete Auflage

Mit 88 Versuchen, 126 Figuren, 14 Tabellen im Text,
einem Tabellenanhang und einem ausklappbaren
Periodensystem der Elemente



Teubner

B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

Inhalt

1 Einleitung

1.1	Physikalische Größen und ihre Einheiten	17
1.1.1	Messung und Physikalische Größe	17
1.1.2	Physikalische Größen- und Begriffs-Systeme	18
1.1.3	Einheitensysteme	19
1.1.4	Stoffmenge als Physikalische Größe	23
1.1.5	Formulierung physikalischer Aussagen und physikalischer Zusammenhänge	26
1.2	Auswertung von Messungen. Meßunsicherheit	28
1.2.1	Aufgabenstellung	28
1.2.2	Systematische Meßabweichungen	28
1.2.3	Zufällige oder statistische Meßabweichungen	29
1.2.4	Fehlergrenzen	30
1.2.5	Auswertung direkter Messungen.	30
1.2.6	Meßergebnis	33
1.2.7	Normalverteilung	34
1.2.8	Auswertung bei indirekten Messungen. Fortpflanzung von Unsicherheiten	35
1.2.9	Gewogener Mittelwert	36
1.2.10	Ausgleichende Auswertung. Ausgleichsgerade. Lineare Regression. Methode der kleinsten (Abweichungs-)quadrate	37
1.2.11	Praktische Hinweise	39
1.3	Regeln für das Arbeiten im Praktikum und Laboratorium	39
1.3.1	Hilfsmittel	39
1.3.2	Vorbereitung	40
1.3.3	Durchführung	40
1.3.4	Protokoll	41
1.3.5	Auswertung.	42

2 Mechanik und Akustik

2.1	Längenmessung	44
2.1.0	Grundlagen.	44
2.1.1	Schieblehre	44
2.1.2	Schraubenmikrometer	45
2.1.3	Kathetometer.	46
2.1.4	Elektrische Messung von Längen und Längenänderungen	47
2.2	Massenmessung.	50
2.2.0	Grundlagen.	50
2.2.1	Die herkömmliche Analysenwaage	52
2.2.2	Moderne Formen der Analysenwaage	56

2.3	Dichtemessung	58
2.3.0	Grundlagen.	58
2.3.1	Hydrostatische Waage.	60
2.3.2	Bestimmung der relativen Dichte von Flüssigkeiten.	61
2.3.3	Bestimmung der Dichte der Luft	62
2.3.4	Bestimmung relativer Gasdichten mit dem Bunsenschen Effusio- meter	63
2.4	Elastizität	64
2.4.0	Grundlagen.	64
2.4.1	Bestimmung des Elastizitätsmoduls durch Dehnung	67
2.4.2	Bestimmung der Dehnung durch Widerstandsmessung. Modell- versuch zum Dehnungsmeßstreifen.	68
2.4.3	Bestimmung des Schubmoduls durch statische Verdrillung.	69
2.4.4	Bestimmung des Schubmoduls aus Drehschwingungen	70
2.4.5	Bestimmung des Trägheitsmoments aus Drehschwingungen	72
2.4.6	Bestimmung des Elastizitätsmoduls aus der Biegung eines Bal- kens.	72
2.5	Oberflächenspannung, Grenzflächenspannung	73
2.5.0	Grundlagen.	73
2.5.1	Bestimmung der Oberflächenspannung nach der Abreißme- thode	75
2.5.2	Bestimmung der Oberflächenspannung aus der kapillaren Steig- höhe.	77
2.6	Dynamische Viskosität	78
2.6.0	Grundlagen.	78
2.6.1	Messung der dynamischen Viskosität nach Hagen-Poiseuille.	80
2.6.2	Messung der dynamischen Viskosität nach Stokes	83
2.7	Schwingungen.	83
2.7.0	Grundlagen.	83
2.7.1	Bestimmung der Schwerefeldstärke mit dem mathematischen Pendel.	85
2.7.2	Das physische Pendel bei großen Amplituden	88
2.7.3	Federpendel	89
2.7.4	Erzwungene Schwingungen eines Drehpendels. Resonanzver- halten	91
2.7.5	Gekoppelte Pendel.	94
2.8	Schall	98
2.8.0	Grundlagen.	98
2.8.1	Bestimmung der Schallgeschwindigkeit mit der Kundtschen Röhre	101
2.8.2	Messung der Schallgeschwindigkeit in Gasen und Bestimmung des Adiabatexponenten	102
2.8.3	Messung der Frequenz mit dem Quinckeschen Resonanzrohr	103

3 Wärmelehre

3.0	Vorbemerkung	105
3.1	Spezifische Wärmekapazität	105
3.1.0	Grundlagen	105
3.1.1	Wärmekapazität eines Kalorimetergefäßes	107
3.1.2	Spezifische Wärmekapazität fester Körper	110
3.1.3	Spezifische Wärmekapazität des Wassers	112
3.2	Latente Wärmen	117
3.2.0	Grundlagen	117
3.2.1	Schmelzwärme des Eises	117
3.2.2	Verdampfungswärme des Wassers nach der Kondensationsmethode	118
3.3	Gase und Dämpfe	119
3.3.0	Grundlagen	119
3.3.1	Gasthermometer	124
3.3.2	Bestimmung des Adiabatenexponenten κ_0 (Polytropenexponenten κ) der Luft nach Clément-Desormes	126
3.3.3	Bestimmung des Adiabatenexponenten κ_0 (Polytropenexponenten κ) der Luft nach Rüchardt	129
3.3.4	Dampfdruck des Wassers	131
3.3.5	Bestimmung der Luftfeuchtigkeit	133
3.4	Relative Molekülmasse (Molekulargewicht)	134
3.4.0	Grundlagen	134
3.4.1	Bestimmung der Molaren Masse nach Viktor Meyer	135
3.4.2	Bestimmung der Molaren Masse nach Dumas	136

4 Optik

4.0	Optische Versuchsaufbauten. Lichtquellen	138
4.1	Linsen	140
4.1.0	Grundlagen und technische Vorbemerkungen	140
4.1.1	Brennweite dünner Linsen	147
4.1.2	Linsenfehler	150
4.1.3	Dicke Linsen und Linsensysteme	152
4.2	Optische Instrumente	156
4.2.0	Grundlagen	156
4.2.1	Fernrohr	158
4.2.2	Lupe und Mikroskop	160
4.3	Spektrometer	165
4.3.0	Grundlagen und technische Vorbemerkungen	165
4.3.1	Wellenlängenmessung	171
4.3.2	Auflösungsvermögen	174

4.4	Brechung, Reflexion, Extinktion.	177
4.4.0	Grundlagen.	177
4.4.1	Brechzahl eines Prismas mit dem Spektrometer.	179
4.4.2	Abbe-Refraktometer.	180
4.4.3	Lichtschwächung. Reflexion. Extinktion.	183
4.5	Messung lichttechnischer Größen (Photometrie).	185
4.5.0	Grundlagen.	185
4.5.1	Objektive Photometrie. Belichtungsmesser.	189
4.5.2	Optische Pyrometrie.	191
4.6	Interferenz.	192
4.6.0	Grundlagen.	192
4.6.1	Newtonsche Ringe.	195
4.7	Beugung.	197
4.7.0	Grundlagen.	197
4.7.1	Beugung am (Einzel-)Spalt.	204
4.7.2	Beugung am Doppelspalt.	205
4.7.3	Beugungsgitter.	207
4.8	Polarisation.	209
4.8.0	Grundlagen.	209
4.8.1	Drehung der Schwingungsebene polarisierten Lichts durch Zuck- kerlösungen („Saccharimetrie“).	214
4.8.2	Drehsinn und Drehvermögen von Quarz. Rotationsdispersion.	218

5 Elektrizitätslehre

5.0	Vorbemerkungen.	221
5.0.1	Elektrische Schaltzeichen.	221
5.0.2	Grundlagen.	222
5.0.3	Meßinstrumente. Hilfsgeräte.	228
5.1	Widerstand. Leitwert.	238
5.1.1	Innerer Widerstand von Meßinstrumenten. Widerstandsmessung durch Strom- und Spannungsmessung.	238
5.1.2	Temperaturkoeffizient von Leitern.	240
5.1.3	Kennlinien von Leitern.	241
5.1.4	Messung des (Wirk-)Widerstandes (Gleichstromwiderstand) mit der Wheatstone-Brücke.	242
5.1.5	Wechselstromwiderstand (Impedanz). Messung von Kapazitäten und Induktivitäten. Frequenzabhängige Spannungsteiler.	243
5.1.6	Messungen mit dem Elektronenstrahl-Oszillographen.	249
5.2	Spannungsquellen.	254
5.2.0	Grundlagen.	254
5.2.1	Messung von Quellenspannung und innerem Widerstand bei einem Trockenelement.	257

5.2.2	Messung von Quellenspannung und innerem Widerstand beim Bleiakкумуляtor	257
5.2.3	Messung der Ausgangscharakteristik eines spannungsstabilisierten Netzgeräts	258
5.2.4	Messung der Thermospannung eines Thermoelements nach der Kompensationsmethode	259
5.3	Elektrolyse	260
5.3.0	Grundlagen	260
5.3.1	Messung der Faraday-Konstante durch Elektrolyse von Schwefelsäure (Wasserzersetzung)	263
5.3.2	Messung der Faraday-Konstante durch Elektrolyse einer Kupfersulfatlösung	265
5.4	Magnetfelder	266
5.4.0	Grundlagen	266
5.4.1	Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule	270
5.4.2	Messung von Gegeninduktivitäten	274
5.5	Aktive elektronische Bauelemente	276
5.5.0	Grundlagen	276
5.5.1	Anlaufstrom-Kennlinie einer Hochvakuum-Diode	283
5.5.2	Raumladungs- und Sättigungskennlinie einer Hochvakuum-Diode	285
5.5.3	Kennlinienfeld einer Triode	285
5.5.4	Kennlinie einer Halbleiterdiode und ihre Abhängigkeit von der Temperatur	286
5.5.5	Kennlinien eines npn-Transistors	287
5.5.6	Transistorverstärker in Emitterschaltung	290
5.5.7	Operationsverstärker	291
5.6	Aperiodische Vorgänge und Schwingungsvorgänge	298
5.6.1	Schaltvorgänge. Zeitkonstanten	298
5.6.2	Elektrische Schwingungen	302

6 Atomphysik

6.1	Elementarladung und spezifische Ladung des Elektrons	310
6.1.0	Grundlagen	310
6.1.1	Bestimmung der elektrischen Elementarladung nach Millikan	311
6.1.2	Bestimmung der spezifischen Elektronenladung nach Busch	313
6.2	Planck-Konstante	315
6.2.0	Grundlagen	315
6.2.1	Bestimmung von h/e und Φ aus dem lichtelektrischen Effekt	316
6.3	Röntgenlicht	319
6.3.0	Grundlagen	319
6.3.1	Absorption von Röntgenlicht	323

6.4	Radioaktivität	326
6.4.0	Grundlagen	326
6.4.1	Halbwertszeit von Thoriumemanation	332
6.4.2	Ionisierung der Luft durch radioaktive Strahlung	333
6.4.3	Reichweite von α -Strahlen	333
6.4.4	Absorption von β - und γ -Strahlung	337
7	Elementare Behandlung von Schwingungsgleichungen	
7.1	Die ungedämpfte, freie, harmonische Schwingung	341
7.2	Die gedämpfte Schwingung	341
7.3	Die erzwungene Schwingung	345
7.4	Gekoppelte Schwingungen	349
7.5	Aufgaben	352
8	Digitale Elektronik. Schaltalgebra	
8.0	Grundlagen	353
8.0.1	Allgemeine Vorbemerkungen	353
8.0.2	Logische Verknüpfungen	354
8.0.3	Axiome und Rechenregeln für die Boolesche Algebra	356
8.0.4	Positive und negative Logik	358
8.1	Torschaltungen (Gatter)	359
8.1.0	Vorbemerkungen	359
8.1.1	Untersuchung eines NAND-NOR-Gatters	363
8.1.2	Vereinfachung einer logischen Schaltung	364
8.1.3	Äquivalenz. Wechselschaltung	364
8.2	Kippstufen (Multivibratoren)	365
8.2.0	Grundlagen	365
8.2.1	Astabile Kippstufe. Multivibrator	366
8.2.2	Monostabile Kippstufe. Univibrator	368
8.2.3	Bistabile Kippstufe. Flip-Flop	369
8.2.4	Schmitt-Trigger	378
8.3	Zähler, Untersetzer, Frequenzteiler	380
8.3.0	Grundlagen	380
8.3.1	Gang des Versuchs und Auswertung	382
9	Anmerkungen	384
10	Erweiterungen	386
	Tabellen-Anhang	391
	Sachverzeichnis	407
	Periodensystem der Elemente	417