

# **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

## **Lehrbuch der praktischen Physik**

**Kohlrausch, Friedrich**

**Leipzig [u.a.], 1910**

Inhalt

# Inhalt.

Eine fette Ziffer bezeichnet einen neuen, ein \* einen umgearbeiteten oder wesentlich ergänzten Abschnitt.

	Seite
Alphabetisches Verzeichnis . . . . .	XXI
<b>Allgemeines über Messungen.</b>	
1. Beobachtungsfehler. Mittlerer und wahrscheinlicher Fehler . . .	1
2. Beurteilung des Fehlers aus der Methode. Einfluß auf das Resultat	4
Näherungsregeln für das Rechnen mit kleinen Größen. . . . .	9
3. Bestimmung empirischer Konstanten mit kleinsten Quadraten . .	10
Rechnen bei gleich großen Intervallen. Auflösung von Gleichungen,	15
wenn Näherungswerte vorliegen. Das Gauß'sche Rechenverfahren	23
Fehlerverteilung auf alle beobachteten Größen . . . . .	26
4. Korrekturen und Korrektionsrechnungen . . . . .	26
5. Interpolation . . . . .	28
6. Graphische Darstellung von Beobachtungen . . . . .	29
7. Genauigkeit von Messungen. Zahlenrechnen . . . . .	30
8. Technisches . . . . .	32
1. Quecksilber. 2. Wasser. 3. *Gase. 4—10. Glas. 11. Amalgamieren.	
12. Löten. 13. Platin schweißen. 14. Stahl härten. 15. Ausglühen.	
16. Magnetisieren; entmagnetisieren. 17. Schleifen und Polieren.	
18. Galvanoplastik. 19. Paraffinieren. 20. Kokon. 21. Quarz.	
21a. Kitten. 22. Luftpumpenfett. 23. Wasser- und 24. Quecksilber-	
luftpumpe. 25. Quecksilberdichtungen. 26. Motoren. 27. Tempe-	
raturbäder. 28. Rührer. 29. Elektrische Heizung. 30. Flüssige Luft.	
30a. Flüssiger Wasserstoff. 30b. Wärmeschutz. 31. Kautschuk.	
32. Dämpfer. 33. Aufstellung in unruhigen Gebäuden.	
9. Herstellung von Lösungen . . . . .	49
<b>Wägung und Dichtigkeitsbestimmung.</b>	
10. Wage und Wägung . . . . .	52
11. Empfindlichkeit einer Wage . . . . .	57
12. Verhältnis der Wagearme. . . . .	58
13. Absolute Wägung eines Körpers. Doppelwägung. Tarierung . .	59
Reduktion auf den leeren Raum . . . . .	60
14. Korrektions-tabelle eines Gewichtssatzes . . . . .	62
15. Dichtigkeit oder spezifisches Gewicht; Bestimmungsmethoden . .	65
16. Korrektions-tabelle einer Dichtigkeitsbestimmung wegen Luftauftriebs und	74
Temperatur . . . . .	74
17. Volumenometer . . . . .	77
18. *Umrechnung der Zustände von Gasen; Berechnung der Dichtigkeit. 78	78
18a. Eudiometer . . . . .	81

	Seite
19. Dampfdichte. . . . .	81
20. Gasdichte. Wägungs- und Ausströmungsmethode . . . . .	89
<b>Raummessung.</b>	
21. Längenmessung. Strichmaße. Kontaktmaße. Sphärometer . . . . .	92
22. Kathetometer . . . . .	97
22 a. Ophthalmometer . . . . .	98
23. Bestimmung eines Hohlvolumens durch Auswägen . . . . .	99
24. Kalibrierung einer engen Glasröhre . . . . .	101
25. Winkelmessung mit Spiegel und Skale. . . . .	103
26. Ableitung der Ruhelage aus Schwingungen. . . . .	106
27. Dämpfung und logarithmisches Dekrement . . . . .	107
27 a. Bifilare Aufhängung . . . . .	109
<b>Zeitmessungen. Geographische Bestimmungen.</b>	
28. Schwingungsdauer . . . . .	111
29. Trägheitsmoment . . . . .	113
29 a. Messung sehr kurzer Zeiten. . . . .	115
30. Astronomische Bezeichnungen . . . . .	117
30 a. Theodolit; Universalinstrument . . . . .	118
31. Meridianrichtung eines Ortes . . . . .	121
32. Polhöhe (geographische Breite) . . . . .	123
33. Zeitbestimmung aus Sonnenhöhen . . . . .	124
34. Gang einer Uhr. Festhaltung einer absoluten Zeit . . . . .	126
35. Gravitationskonstante. Sekundenpendel . . . . .	127
<b>Druck.</b>	
36. Druckmessung. Manometer. . . . .	131
37. Atmosphärischer Druck. Barometer . . . . .	137
38. Barometrische Höhenmessung . . . . .	140
<b>Wärme.</b>	
39. Formen von Thermometern. Allgemeines . . . . .	143
40. Quecksilberthermometer. Eis- und Siedepunkt . . . . .	145
Veränderlichkeit der Fixpunkte. Thermometrie mit steter Nullpunktsbestimmung. Herausragender Faden. *Trägheit des Thermometers. Reduktion auf das Gasthermometer . . . . .	147
41. Kalibrierung eines Thermometers . . . . .	151
42. *Gas- oder Luftthermometer. Thermodynamische Skale. . . . .	157
43. *Elektrische Temperaturmessung. Thermoelement. Widerstands-Thermometer („Bolometer“). . . . .	161
43 a. Optische Pyrometer . . . . .	165
44. Wärme-Ausdehnungskoeffizient. Durch Längenmessung, Lichtinterferenz und Wägung. Flüssigkeiten. Gase . . . . .	167
45. Schmelz- oder Gefrierpunkt . . . . .	173
46. Siedepunkt . . . . .	178
46 a. Dampfspannung . . . . .	180
47. Luftfeuchte (Hygrometrie). . . . .	184

	Seite
48. Kalorimetrie. Kalorimeter. Spezifische Wärme; Mischungsverfahren	188
49. Spezifische Wärme; elektrische Methode . . . . .	196
49a. Spezifische Wärme; Erkaltungsmethode . . . . .	198
50. Eiskalorimeter . . . . .	199
50 a. Dampfkalorimeter . . . . .	201
50 b. *Spezifische Wärme der Gase . . . . .	202
51. Weitere kalorimetrische, physikalische u. chemische Messungen	205
51a. Mechanisches Wärmeäquivalent . . . . .	207
51 b. Wärmeleitvermögen . . . . .	209

### Elastizität und Schall.

52. *Elastizitätsmodul durch Dehnung. . . . .	214
53. Elastizitätsmodul aus Längsschwingungen . . . . .	219
54. Elastizitätsmodul durch Biegung . . . . .	220
54a. Elastizitätsmodul aus Querschwingungen . . . . .	223
55. Torsionsmodul. . . . .	224
55 a. Poisson'sche Konstante $\mu$ (Querkontraktion) . . . . .	227
55 b. Volumelastizitätsmodul. Kompressibilität . . . . .	228
55 c. Elastische Nachwirkung . . . . .	232
55 d. Härte oder Eindringungsfestigkeit . . . . .	234
56. *Wellenlängen. Schallgeschwindigkeit . . . . .	237
57. *Absolute Schwingungszahl eines Tones . . . . .	242
57a. Schallintensität in Gasen . . . . .	248

### Kapillarität. Reibung. Diffusion.

58. *Kapillarkonstante . . . . .	251
58 a. *Reibungskoeffizient einer Flüssigkeit . . . . .	256
58 b. Diffusion . . . . .	262

### Licht- und Wärmestrahlung.

59. Lichtquellen. Spektrum . . . . .	265
60. Brechungsverhältnis eines Prismas. Spektrometer . . . . .	269
Dispersion. Fraunhofer'sche Linien. Wellenlänge . . . . .	276
61. Reflexionsgoniometer . . . . .	278
62. Brechungsverhältnis einer Planplatte mit dem Mikroskop . . . . .	279
63. Brechungsverhältnis aus totaler Reflexion . . . . .	280
Totalreflektometer. Refraktometer . . . . .	281
63 a. Interferenzrefraktor. Bestimmung kleiner Brechungsverhältnisse	286
63 b. Schlierenmethode . . . . .	291
64. *Spektralanalyse. . . . .	293
65. *Lichtwellenlänge . . . . .	300
66. Krümmungshalbmesser . . . . .	307
67. Brennweite . . . . .	311
68. Vergrößerungszahl. Lupe. Fernrohr. Mikroskop. . . . .	318
69. Polarisationswinkel eines Körpers . . . . .	323
70. Polarisationsapparat. Untersuchung doppelbrechender Körper . . . . .	324
Einaxige Kristalle. Zweiaxige Kristalle. Axenwinkel . . . . .	328
71. Optisches Drehvermögen. Saccharimetrie . . . . .	332

	Seite
71 a. Erzeugung und Untersuchung elliptischen Lichtes. Babinet's Kompensator. Metallreflexion . . . . .	340
72. Photometrie . . . . .	348
72 a. *Wärmestrahlung . . . . .	359
<b>Magnetismus.</b>	
72 b. Allgemeines. Stahlmagnete. Aufhängung. Astasierung usw. .	370
73. Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus . . . . .	372
Kompensiertes Magnetometer. Bifilarmagnetometer . . . . .	378
74. Zeitliche erdmagnet. Deklinations- und Intensitätsschwankungen	380
75. Vergleichung der Intensität an zwei Orten . . . . .	384
75 a. Astatiches Torsionsmagnetometer . . . . .	386
76. Magnetisches Moment . . . . .	387
76 a. Temperaturkoeffizient eines Magnets . . . . .	389
76 b. Polabstand eines Magnets . . . . .	390
77. Torsionsverhältnis . . . . .	391
78. Erdmagnetische Deklination. Magnetischer Theodolit . . . . .	392
79. Inklination . . . . .	394
<b>Elektrischer Strom.</b>	
80. Allgemeines über galvanische Arbeiten. Elektrische Einheiten. Ohm-Kirchhoff'sche Gesetze. Stromerreger. Normalelemente. . Stromverbindungen und Rheostaten . . . . .	405
81. Absolute Strommessung. Tangentenbussole . . . . .	410
82. Sinusbussole . . . . .	414
83. Spiegelgalvanometer . . . . .	414
83 a. Bifilargalvanometer . . . . .	418
84. Elektrodynamometer. Elektrodynamische Wage. . . . .	419
85. Formen von Stromzeigern. Nadel-, Spulen-, Weicheisen-, Hitz- draht-Strommesser . . . . .	423
85 a. Hörtelephon. Optisches Telephon. Vibrationsgalvanometer . .	427
86. Messung starker Ströme mit Abzweigung . . . . .	428
87. Strommessung durch Elektrolyse. Voltmeter . . . . .	429
88. Strommessung durch Kompensation eines Normalelements . . .	434
89. Prüfung eines Strommessers. Empirische Bestimmung eines Re- duktionsfaktors . . . . .	436
90. Widerstandsbestimmung durch Vertauschen . . . . .	439
91. Widerstandsbestimmung durch Strommessung . . . . .	441
92. Differentialgalvanometer . . . . .	443
93. Wheatstone'sche Brücke. Brücke mit gleichen Widerstandspaaren und Wheatstone-Kirchhoff'sche Drahtbrücke . . . . .	446
Sehr kleine Widerstände . . . . .	451
94. Widerstandsvergleichung durch Dämpfung . . . . .	453
94 a. Sehr große Widerstände. Isolationsmessungen . . . . .	453
95. Kalibrierung eines Rheostaten oder eines Brückendrahtes . . .	455
95 a. Temperaturkoeffizient eines Leiters . . . . .	459
95 b. Quecksilberwiderstände . . . . .	460

	Seite
96. Leitvermögen von Elektrolyten . . . . .	461
*Äquivalentleitvermögen und Ionenbeweglichkeit. Dissoziation	470
96 a. Konzentration einer Lösung aus ihrem Leitvermögen. Löslichkeit	473
97. Widerstand galvanischer Elemente . . . . .	474
98. Widerstand eines Galvanometers . . . . .	476
99. Vergleichung elektromotorischer Kräfte oder Spannungen. . .	479
Kompensationsverfahren . . . . .	481
100. Elektromotorische Kraft in absolutem Maße. Spannungsmesser	484
101. Potentialdifferenz im Stromkreise. Klemmspannung . . . . .	486
Messung großer Stromstärken mit dem Spannungsmesser . . .	487
102. Universalgalvanometer und Torsionsgalvanometer. . . . .	487
103. *Kompensationsapparat . . . . .	489
104. *Beziehungen der elektr. Spannung zur Chemie der Lösungen.	
Konzentrationsspannung. Normalelektroden. Tropfelektroden.	495
Polarisation. Zersetzungsspannung . . . . .	498
105. Bestimmung der erdmagnetischen Feldstärke durch Strommessung	498
106. Windungsfläche einer Drahtspule . . . . .	500
107. Elektromagnetische Drehung des Lichtes . . . . .	502
108. Bewegungsgesetze eines schwingenden Körpers mit elektro-	
magnetischer Dämpfung . . . . .	503
109. Messung kurz dauernder elektrischer Ströme oder entladener	
Elektrizitätsmengen. Ballistisches Galvanometer. . . . .	507
110. Multiplikations- und Zurückwerfungsmethode . . . . .	512
111. Erdinduktor. Hervorbringung bekannter Integrale von elektro-	
motorischer Kraft. Inklination . . . . .	514
112. Magnetinduktor. . . . .	516
113. Induktions-Koeffizient eines Magnetstabes in schwachem Felde	517
114. *Bestimmung eines starken magnetischen Feldes. . . . .	518
115. Untersuchung magnetisierbaren Materials. Magnetisierungs-	
koeffizient. Permeabilität. Induktion . . . . .	521
116. Absolute Widerstandsmessung. Dämpfung. Erdinduktor. . .	527
Rotierende Scheibe. Aus der Induktion zweier Stromleiter . .	530
<b>116 a.</b> Kritische Geschwindigkeit „ <i>v</i> “. Verhältnis der elektromagne-	
tischen zur elektrostatischen Elektrizitätseinheit . . . . .	531
117. Selbstinduktionskoeffizient; Berechnung; Messung . . . . .	533
118. Gegenseitiger Induktions-Koeffizient . . . . .	540
119. Gleichstrom-Dynamomaschinen. Umlaufzähler. . . . .	544
120. Messungen an Wechselströmen . . . . .	549
*Zerlegung einer Kurve in harmonische Schwingungen . . . .	559
121. *Wechselstrom-Dynamomaschinen. Wechselstromgleichrichter .	560
122. Transformatoren . . . . .	563
123. Elektrische Lampen . . . . .	564
124. *Vakuumröhren. Kathodenstrahlen. Spezifische Ladung <i>e/m</i> .	
Kanalstrahlen . . . . .	565
125. Elektrische Schwingungen. Hochfrequenzschwingungskreise .	571
125 a. *Elektrische Wellen . . . . .	580

**Elektrometrie.**

126.	Allgemeines . . . . .	588
127.	Elektrometer. Messung von Potentialen. Sinuselektrometer, Quadrantelektrometer, Kapillarelektrometer, andere Elektrometer; Piezoquarz . . . . .	591
128.	Absolute elektrostatische Messung von Potentialen. Thomson'sches Elektrometer. Kirchhoff'sche Wage. Entladungspotential	598
129.	Eichung und Kalibrierung eines Elektrometers. . . . .	601
130.	*Elektrometrische Messung von Spannung, Widerstand, Stromstärke, Stromleistung . . . . .	602
131.	Messung von Ladungs- und Entladungsmengen . . . . .	605
132.	*Elektrostatische Kapazität; Berechnung; Messung. . . . .	606
133.	Dielektrizitätskonstante . . . . .	616
134.	Messungen an ionisierten Gasen . . . . .	624
135.	Radioaktivität . . . . .	630

**Das auf Länge, Masse und Zeit zurückgeführte, namentlich das CGS-Maßsystem mit Anschluß von Gesetzen und Erläuterungen.**

	Dimensionen. . . . .	663
	*Vollständigere Systeme abgeleiteter Einheiten . . . . .	666
1.	Fläche. 2. Raum. 3. Winkel. 4. Geschwindigkeit. . . . .	668
5.	Beschleunigung. 6. Dichte. 7. Kraft. 8. Druck. 9. Arbeit. Energie. 9a. Wärmemenge. 9b. Thermodynamische Temperaturskala. 10. Leistung. 10a. Wärmeleitvermögen. 11. Drehmoment. 11a. Direktionskraft. 12. Trägheitsmoment. 13. Elastizitätsmodul. 13a. Diffusionskonstante . . . . .	670

**Einheiten im elektrostatischen System.**

14.	Elektrizitätsmenge. 14a. Flächendichte . . . . .	672
14b.	Feldstärke. 14c. Kraftlinie. 15. Potential. . . . .	673
16.	Kapazität. 17. Dielektr.-Konst. 18. Strom. 18a. Widerstand. . . . .	674

**Magnetische Einheiten.**

19.	Magnetpol. 19a. Flächendichte. 20. Magnetisches Moment. . . . .	675
20a.	Spezif. Magnetismus, Magnetisierung. 21. Feldstärke . . . . .	676
21a.	Kraftlinie. 22. Magnetisierungs-Koeffizient. 22a. Permeabilität. . . . .	678
22b.	Magnetische Induktion . . . . .	679
23.	*Stromstärke, chemische Einheit . . . . .	679

**Einheiten im elektromagnetischen System.**

24.	Stromstärke. 25. Elektrizitätsmenge. . . . .	679
26.	Elektromotorische Kraft, Spannung, Potential. . . . .	682
26a.	Magnetischer Induktionsfluß. 27. Kapazität . . . . .	685
28.	Induktions-Koeffizient, elektrodynam. Potential . . . . .	685
29.	Leitungswiderstand . . . . .	686
30.	Stromleistung, Stromarbeit, Stromwärme . . . . .	686

## Tabellen.

	Seite
1. Korrektion einer Wägung auf den leeren Raum . . . . .	690
2. Dichte . . . . .	690
3. Prozentgehalt und spezifisches Gewicht wässriger Lösungen . .	691
3 a. Ausdehnungskoeffizient wässriger Lösungen um 18°. . . . .	692
3 b. Wässrige Normallösungen von 1 gr-Äquiv./Liter: Gehalt, Dichte, Wärmeausdehnung, elektrisches Leitvermögen, Ionenwanderung	693
4. Dichte des Wassers; Volumen eines Glasgefäßes aus der Wägung mit Wasser . . . . .	694
5. *Ausdehnung des Wassers von 0 bis 310°. . . . .	694
6. Spezifisches Gewicht der trocknen atmosphärischen Luft von 0 bis 30° und 700 bis 780 mm Barometerstand . . . . .	695
7. Reduktion eines Gasvolumens auf 0° und 760 mm . . . . .	696
8. Reduktion der Barometerablesung auf 0° . . . . .	697
9. Mittlerer Barometerstand in verschiedenen Höhen. . . . .	697
10. Korrektion eines Thermometers auf das Gasthermometer . . .	698
11. Feste Körper: Wärmeausdehnung, spezifische Wärme, Wärme- leitvermögen, Schmelzpunkt und Schmelzwärme. . . . .	699
12. *Flüssigkeiten: Dichte, Wärmeausdehnung, spezifische Wärme, Schmelzpunkt, Siedepunkt, Schmelz- u. Verdampfungswärme, kritische Daten . . . . .	700
12 a. *Gase: Dichte, Spannungskoeffizient, spezifische Wärme, kritische Daten, Schmelzpunkt, Siedepunkt, Dichte als Flüssigkeit, Ver- dampfungswärme, Reibungskoeffizient, Brechungsverhältnis, Di- elektrizitätskonstante, Magnetisierungskoeffizient, Absorption in Wasser. . . . .	702
12 b. Gemische von Stickstoff und Sauerstoff . . . . .	704
13. Gesättigter Wasserdampf; Spannkraft von - 60 bis + 90°; Dichte von - 60 bis + 30° (hygrometrische Tabelle). . . . .	704
14. *Sättigungsdruck des Wasserdampfes zwischen 90 und 200°. .	705
14 a. Siedepunkt des Wassers zwischen 680 und 800 mm Druck . .	705
15. Sättigungsdruck von Gasen und Dämpfen . . . . .	706
16. Sättigungsdruck von Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff. . . .	706
17. Löslichkeit von Salzen in Wasser . . . . .	707
18. Kapillarkonstanten (Oberflächenspannungen) . . . . .	707
18 a. Kapillardepression des Quecksilbers . . . . .	707
19. Reibungskoeffizient des Wassers. . . . .	708
19 a. Zusammendrückbarkeit und innere Reibung von Flüssigkeiten .	708
19 b. Zusammendrückbarkeit von Wasser und Äther . . . . .	708
20. *Elastizitätsmodul, Torsionsmodul, Poisson'sche Zahl, Kompressi- bilität, Tragkraft, Schallgeschwindigkeit . . . . .	709
21. Tonhöhe und Schwingungszahl ( $a_1 = 435$ ) . . . . .	709
22. Spektrallinien nach der Skale von Bunsen und Kirchhoff . . .	710
23. Wellenlänge der wichtigsten Linien chemischer Elemente und des Sonnenspektrums, zurückgeführt auf $D_1 = 0,58960\mu$ . . . .	711
24. Lichtbrechungsverhältnisse; Drehung im Quarz. . . . .	712

	Seite
24 a. Brechungsverhältnis von Quarz, Flußspat, Steinsalz und Sylvin im sichtbaren, im ultraroten und ultravioletten Spektrum . . .	713
25. Absorptionsvermögen von Kalkspat, Quarz, Flußspat, Sylvin, Steinsalz, Wasser, Wasserdampf und Kohlensäure. . . . .	714
25 a. Reflexionsvermögen von Metallen . . . . .	714
26. Farben Newton'scher Ringe. . . . .	715
27. Reduktion einer Schwingungsdauer auf kleine Schwingungsweite	716
28. Reduktion einer Beobachtung mit Spiegel und Skale . . . . .	716
29. Zur Rechnung an gedämpften Schwingungen. . . . .	717
30. Elektrischer Widerstand von Metallen . . . . .	718
31. Elektrisches Leitvermögen wässriger Lösungen . . . . .	718
32. Äquivalent-Leitvermögen von Elektrolyten in wässriger Lösung	719
33. *Ionen-Beweglichkeiten im Wasser und ihr Temp.-Koeffizient. .	719
34. Elektrochemische Äquivalente . . . . .	719
35. *Potential und elektrische Schlagweite (Entladungsspannung) .	720
36. Dielektrizitäts-Konstanten. . . . .	720
36 a. Schwach magnetische oder diamagnetische Körper . . . . .	720
37. Magnetisierbarkeit einiger Eisensorten . . . . .	721
38. *Erdmagnetische Horizontalintensität im mittl. Europa für 1910,0	722
39. *Erdmagnetische Deklination im mittleren Europa für 1910,0 .	722
40. *Erdmagnetische Inklination im mittleren Europa für 1910,0 .	722
41. Einheiten im CGS-System; Dimensionen. Übersicht. . . . .	723
42. Atomgewichte . . . . .	724
43. Schwere an der Erdoberfläche. . . . .	724
44. *Ortstabelle. Lage, Meereshöhe und Schwere . . . . .	724
45. Deklination der Sonne, Zeitgleichung u. Sternzeit für d. mittl. Mittag	725
46. Korrektions-tabelle für den Jahresanfang . . . . .	726
47. Halbmesser der Sonne . . . . .	726
48. Astronomische Strahlenbrechung . . . . .	726
49. *Mittlere Örter einiger Fixsterne für 1910,0 . . . . .	726
50. *Verschiedene Zahlen. . . . .	727
50 a. Mathematische Formeln . . . . .	728
51. 2 <sup>te</sup> und 3 <sup>te</sup> Potenzen; Reziproke, Quadrat- und Kubikwurzeln; Bogen aus Winkelgraden; Kreisfläche aus Durchmesser; natürliche Logarithmen . . . . .	730
52. Tafeln zur Wheatstone-Kirchhoff'schen Brücke . . . . .	732
53. Vierstellige Logarithmen . . . . .	734
54. Trigonometrische Zahlen . . . . .	736

#### Berichtigungen.

S. 127 Z. 24 u. 25. Statt 980,6 und 0,0026 genauer 980,62 und 0,00265.

S. 262 Z. 24 lies (Anh. 13a) statt (Anh. 13c).

S. 343 Z. 13 lies  $4\pi$  statt  $2\pi$ .

S. 361 Z. 12 lies  $1 - a$  statt  $a - 1$ .

S. 410 Z. 8 lies 1907 statt 1901.

Tab. 12 setze neben Quecksilber 13,552.