

Meßergebnisse und ihre Auswertung

Eine Anleitung zum praktischen
naturwissenschaftlichen Arbeiten

von

G. L. Squires

Physikdozent an der Cambridge-Universität
und Fellow des Trinity College, Cambridge

mit 77 Abbildungen
und zahlreichen Formeln und Tabellen



1971

Walter de Gruyter · Berlin · New York

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Vorwort des Übersetzers	7
1 Worum es bei der praktischen Physik geht	13

Teil I Statistische Behandlung von Meßdaten

② Einleitende Bemerkungen über Fehler	19
2.1 Die Bedeutung der Fehlerabschätzung	19
2.2 Systematische und zufällige Fehler	21
2.3 Systematische Fehler	22
3 Behandlung einer einzigen Variablen	24
3.1 Einleitung	24
3.2 Verteilung der Meßwerte	25
3.3 Der Standardfehler des Mittelwertes	27
3.4 Die Gaußverteilung	30
3.5 Die Integral-Funktion	35
3.6 Der Fehler des Fehlers	37
3.7 Diskussion der Gaußverteilung	38
Zusammenstellung von Symbolen, Nomenklatur und wichtigen Formeln	40
Übungen	42
4 Weitere Themen aus der statistischen Theorie	46
④.1 Die Behandlung von Funktionen	46
4.2 Die gerade Linie	49
4.3 Gewicht der Ergebnisse	52
Zusammenstellung der Gleichungen für die beste Gerade nach der Methode der kleinsten Quadrate	54
Übungen	55
5 Gesunder Menschenverstand und Fehler	57
⑤.1 Fehlerrechnung in der Praxis	57
⑤.2 Komplizierte Funktionen	61
5.3 Fehler und experimentelles Vorgehen	63
Übungen	65

Teil II Experimentelle Methoden

6 Einige Laborinstrumente und Methoden	69
6.1 Einleitung	69
6.2 Das Metermaß	69
6.3 Die Mikrometerschraube	72
6.4 Längenmessung – Wahl der Meßmethode	73
6.5 Längenmessung – Temperatureffekte	76
6.6 Die Schwebungsmethode bei der Frequenzmessung	77

6.7	Der Gegenkopplungsverstärker	81
6.8	Regelsysteme	84
6.9	Natürliche Grenzen der Meßgenauigkeit	87
	Übungen.	89
7	Eine Analyse einiger Experimente	92
7.1	Vergleich kleiner Widerstände mit Hilfe eines Potentiometers	92
7.2	Das Rayleigh-Refraktometer	100
7.3	Die Messung des magnetischen Moments des freien Elektrons	107
	Übungen.	123
8	Logik beim Experimentieren	125
8.1	Einleitung	125
8.2	Erkennbare Symmetrie der Apparatur.	125
8.3	Reihenfolge der Messungen	127
8.4	Beabsichtigte und unbeabsichtigte Veränderungen	128
8.5	Drift	129
8.6	Systematische Änderungen	130
8.7	Berechnete und empirische Korrekturen	133
8.8	Relativmethoden	136
8.9	Warum werden genaue Messungen gemacht?	139
	Übungen.	141
9	Gesunder Menschenverstand bei Experimenten	142
9.1	Vorversuche	142
9.2	Überprüfung des Offensichtlichen	143
9.3	Persönliche Fehler	144
9.4	Wiederholung von Messungen	146
9.5	Ausarbeiten der Ergebnisse	148
9.6	Entwurf der Apparatur	149

Teil III Protokollführung und Berechnungen

10	Protokollführung beim Experiment	153
10.1	Einleitung	153
10.2	Protokollbuch kontra lose Blätter.	153
10.3	Aufzeichnung der Meßwerte.	154
10.4	Weg mit der Abschreiberei!	155
10.5	Abbildungen.	156
10.6	Tabellen	158
10.7	Hilfen für die Klarheit	159
10.8	Einige übliche Fehler – Zweideutigkeit und Unklarheit	159
11	Graphische Darstellungen	162
11.1	Die Verwendung graphischer Darstellungen	162
11.2	Wahl der Teilung	165
11.3	Maßstab	165
11.4	Einheiten	167
11.5	Einige Tips für das Zeichnen von graphischen Darstellungen	168
11.6	Anzeigen von Fehlern.	171
11.7	Empfindlichkeit.	172

Inhaltsverzeichnis	11
12 Rechnen	175
12.1 Rechnen ist wichtig	175
12.2 Verfahren zur Verringerung von Rechenfehlern	175
12.3 Prüfen der Berechnungen	177
12.4 Größenordnungen	179
12.5 Fehlerrechnung	179
12.6 Rechengeräte	181
12.7 Einige vermischte Hinweise	182
12.8 Prüfen der Algebra	183
Übungen	185
13 Schreiben einer Veröffentlichung	187
13.1 Einleitung	187
13.2 Titel	187
13.3 Zusammenfassung	187
13.4 Gliederung der Veröffentlichung	188
13.5 Abschnitte einer Veröffentlichung	188
13.6 Abbildungen, graphische Darstellungen und Tabellen	190
13.7 Anweisungen für Autoren	191
13.8 Klarheit	191
13.9 Gutes Deutsch	192
13.10 Schlußbemerkungen	194
Lösung der Übungsaufgaben	195

Anhänge

A Werte der Gaußfunktion und des Gaußschen Fehlerintegrals	209
B Berechnung einiger Integrale in Verbindung mit der Gaußfunktion	210
C Die Varianz von s^2 bei einer Gaußverteilung	213
D Die Binomial- und Poissonverteilung	215
Binomialverteilung	215
Poissonverteilung	217
E Die gerade Linie – Standardfehler des Anstiegs und des Achsenabschnitts	220
F Internationales Einheitensystem (SI-System)	226
Namen und Symbole	227
Dezimal-Bruchteile und Vielfache	228
Beziehung zu CGS-Einheiten	228
Definitionen der Basiseinheiten des SI-Systems	229
G Werte von Konstanten	230
Physikalische Konstanten	230
Energiebeziehungen	230
Mathematische Konstanten	231
Einige nützliche Bücher	232
Literaturverzeichnis	233
Sachregister	235