

# Physikalisches Praktikum

Eine Sammlung von Übungsaufgaben für die physikalischen  
Übungen an Universitäten und Hochschulen aller Gattungen

Von

**Wilhelm H. Westphal**

b. a. o. Professor der Physik  
an der Technischen Hochschule Berlin



Mit 101 Abbildungen und 6 graphischen Tabellen

---

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

ISBN 978-3-663-00917-7      ISBN 978-3-663-02830-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-02830-7

**Alle Rechte vorbehalten**

**Springer Fachmedien Wiesbaden**

## Vorwort

Dieses Buch ist ein Hilfsbuch zum Gebrauch bei den physikalischen Übungen (Praktikum) an Universitäten und Hochschulen jeglicher Art und soll an Hand von 40 ausgewählten Aufgaben eine Anleitung zur Ausführung physikalischer Übungsaufgaben überhaupt geben. Die hier besprochenen Aufgaben sollen also Musterbeispiele sein. Ich habe grundsätzlich darauf verzichtet, die Gesamtheit der Aufgaben, die an den einzelnen Hochschulen gestellt werden, auch nur einigermaßen vollständig zu erschöpfen. Schon dadurch unterscheidet sich dieses Buch durchaus von seinem Vorgänger im gleichen Verlage, dem „Physikalischen Praktikum“ von Wiedemann und Ebert, und erst recht von dem „Lehrbuch der praktischen Physik“ von Kohlrausch.

Die Mehrzahl der besprochenen Aufgaben gehört zum eisernen Bestande jedes Praktikums. Einige weitere Aufgaben, die weniger allgemein eingeführt sein dürften, haben sich in meiner Erfahrung als besonders lehrreich bewährt und wurden aus diesem Grunde aufgenommen. Von der Besprechung von Aufgaben, die üblicherweise auch im physikalisch-chemischen oder im elektrotechnischen Praktikum bearbeitet werden, habe ich abgesehen. In der Hauptsache behandelt das Buch die Mehrzahl derjenigen Aufgaben, die an der Technischen Hochschule Berlin von den Studenten der Physik in einem dreisemestrigen, wöchentlich vierstündigen Anfängerpraktikum ausgeführt werden, wobei aber die Besprechung der Aufgaben in einer besonderen, zweistündigen Vorlesung erfolgt. Für die Studenten anderer Fächer, an die geringere Anforderungen gestellt werden, wird man leicht eine Auswahl der für sie geeigneten Aufgaben treffen und die gebotenen Abstriche an den Anforderungen bei den einzelnen Aufgaben machen können.

Dieses Buch kann und soll den Assistenten nicht ersetzen, aber wirksam unterstützen. Eine mündliche, auf den jeweiligen Hörerkreis abgestimmte Erklärung der Aufgaben ist in der Regel unentbehrlich. Darum habe ich auch von einer allzu-

sehr ins einzelne gehenden Beschreibung spezieller Versuchsanordnungen abgesehen, weil diese doch an den einzelnen Instituten oft recht verschieden ausgestattet sind. Um so mehr Wert habe ich darauf gelegt, die theoretischen und meßtechnischen Grundlagen der Aufgaben gründlich zu erläutern und dem Studenten jeweils durch ein wirklich durchgeführtes Beispiel mit allen nötigen Zahlenangaben und graphischen Darstellungen eine Anleitung zur Durchführung der Aufgaben zu geben. Ferner ist bei fast allen Aufgaben eine Fehlerrechnung an Hand des Beispiels durchgeführt. So kann das Buch dem Studenten seine Arbeit erleichtern und sein Verständnis vertiefen; es kann aber auch dem jungen Assistenten zur Einführung in seine Lehraufgabe dienen.

In Anlehnung an die in diesem Buch durchgeführten Musterbeispiele werden Assistenten und Studenten den Weg finden, auf dem andere Aufgaben im gleichen Sinne durchgeführt werden können.

Die Durchführung von Fehlerrechnungen bringt erfahrungsgemäß eine wesentliche Vermehrung des pädagogischen Nutzens der Aufgaben mit sich. Sie können aber meist nur in ruhiger häuslicher Arbeit ordentlich ausgeführt werden und bedeuten eine wesentliche Mehrbelastung. Es sollte aber wenigstens von den Physikern verlangt werden, daß sie bei möglichst vielen Aufgaben eine Fehlerrechnung ausführen; von den Studenten anderer Fächer sollte man es wenigstens gelegentlich in besonders geeigneten, einfachen Fällen verlangen. Ich habe die Erfahrung gemacht, daß die interessierteren Studenten sich dieser Arbeit, die in gewissem Sinne die Krönung jeder Aufgabe bildet, besonders gern unterziehen. Man kann aber im Praktikum nicht mit dem ganzen Rüstzeug der strengen Fehlertheorie arbeiten, schon deshalb nicht, weil dafür meist die nötigen mathematischen Vorkenntnisse fehlen. Überdies entziehen sich oft beträchtliche Fehlerquellen — Eichfehler von Meßgeräten u. dgl. — der Kritik des Studenten, weil ihre Untersuchung nicht im Rahmen der gestellten Aufgabe liegt. Aus diesem Grunde wird in diesem Buch meist nicht der mittlere (quadratische) Fehler, sondern der Größtfehler des Ergebnisses berechnet. Auf diese Weise gelangt der berechnete Fehler eher in die Größenordnung des wirklichen

Fehlers. Trotz der Mängel eines solchen Verfahrens sehe ich in ihm die einzige Möglichkeit, im Anfängerpraktikum überhaupt Fehlerrechnung zu treiben und die Studenten so wenigstens auf die grundlegende Wichtigkeit einer gewissenhaften Kritik an der eigenen Leistung schon im Anfang ihres Studiums hinzuweisen. Man wird aber gelegentlich betonen müssen, daß man aus den oben genannten Gründen das Ergebnis einer solchen Fehlerrechnung nicht immer allzu wörtlich nehmen darf.

Beim Schreiben dieses Buches hat mich die in jahrzehntelanger Arbeit — erst als Assistent, dann als Übungsleiter — gewonnene Erfahrung gelehrt, daß ein physikalisches Anfängerpraktikum nur dann einen wirklichen Unterrichtserfolg hat und nur dann auch die Studenten wirklich befriedigt, wenn man von den Studenten eine sehr gründliche und sorgfältige Beschäftigung mit den einzelnen Aufgaben verlangt, die nötige Zeit dafür zur Verfügung stellt und sich aus diesem Grunde in der Zahl der geforderten Aufgaben beschränkt. Bei dem von mir geleiteten Praktikum ist es Grundsatz, daß — von wenigen Ausnahmen abgesehen — an einem Vor- oder Nachmittag nur eine Aufgabe erledigt wird. Deshalb sind die hier besprochenen Aufgaben fast alle so gehalten, daß sie — einschließlich der für eine ausreichende mündliche Erklärung erforderlichen Zeit — 3 bis 4 Stunden in Anspruch nehmen, in dieser Zeit aber auch in aller Ruhe erledigt werden können. Diejenigen Leser, die sich für eine zweckmäßige Organisation des physikalischen Anfängerpraktikums näher interessieren, verweise ich auf meinen Aufsatz in der ZS. f. d. physikal. u. chem. Unterricht 50, 147, 1937.

An der Gestalt, die dieses Buch gewonnen hat, sind meine Assistenten an der Technischen Hochschule Berlin sehr stark beteiligt. Sie haben wesentlich zur Sammlung der Erfahrungen beigetragen, die in diesem Buch niedergelegt sind. Ein besonderer Dank gebührt meinem langjährigen Mitarbeiter Dr.-Ing. W. Walcher, der mich bei der Abfassung des Manuskriptes ständig mit seinem Rat unterstützt hat, und der auch die Korrekturen mit mir gelesen hat.

Berlin, im Dezember 1937.

Wilhelm H. Westphal.

# Inhaltsverzeichnis

## I. Einleitung

### A. Maß und Messen

	Seite
1. Das Wesen physikalischer Messungen .....	1
2. Maßeinheiten und Maßsysteme der Mechanik.....	2
3. Temperatur und Wärmemenge .....	3
4. Die elektrischen und magnetischen Einheiten .....	3

### B. Zur Berechnung von Messungsergebnissen. Fehlerrechnung

5. Rechenverfahren und Rechenmittel.....	5
6. Rechnen mit kleinen Größen. Kürzungsregeln .....	6
7. Fehlerquellen.....	7
8. Der Zweck der Fehlerrechnung .....	10
9. Arithmetisches Mittel und mittlerer Fehler.....	12
10. Einzelmessungen von verschiedenem Gewicht .....	14
11. Der Fehler eines zusammengesetzten Ergebnisses .....	14

### C. Einige Regeln für physikalische Messungen

12. Protokollführung .....	18
13. Einiges zur Ausführung der Messungen .....	19
14. Elektrische Schaltungen.....	21

## II. Mechanik

1. Aufgabe: Spezifisches Gewicht fester Stoffe .....	23
2. „ Spezifisches Gewicht von Flüssigkeiten .....	29
3. „ Elastizitätsmodul .....	34
4. „ Oberflächenspannung .....	43
5. „ Innere Reibung (Zähigkeit) von Flüssigkeiten.....	46
6. „ Empfindlichkeit der Waage .....	57
7. „ Absolute Wägung.....	64
8. „ Trägheitsmomente und Richtmomente .....	70
9. „ Messung des Schubmoduls .....	79

	Seite
10. Aufgabe: Schwingung der Waage .....	86
11. „ Gekoppelte Pendel .....	93

### III. Wärme, Gastheorie, Akustik

12. Aufgabe: Messung spezifischer Wärmen .....	102
13. „ Schmelz- und Verdampfungswärme des Wassers ....	110
14. „ Messungen mit dem Volumenometer. Boyle-Mariottesches Gesetz .....	118
15. „ Messung des Druckkoeffizienten der Luft mit dem Gasthermometer .....	124
16. „ Luftdichte. Luftfeuchtigkeit .....	130
17. „ Akustische Messungen .....	137

### IV. Optik

18. Aufgabe: Brennweite dünner Linsen .....	147
19. „ Brennweite und Hauptebenen einer dicken Linse.....	156
20. „ Vergrößerung einer Lupe .....	163
21. „ Messungen am Mikroskop.....	166
22. „ Brechungsindex eines Prismas .....	172
23. „ Wellenlängenmessung mit dem Gitter .....	181
24. „ Lichtmessung .....	187

### V. Elektrizität und Magnetismus

25. Aufgabe: Widerstandsmessung mit Strom- und Spannungsmesser. Kennlinie einer Glühlampe.....	194
26. „ Widerstandsmessung in der Brückenschaltung.....	200
27. „ Klemmenspannung und innerer Widerstand von Elementen .....	205
28. „ Das elektrische Wärmeäquivalent.....	212
29. „ Temperaturkoeffizient des Widerstandes von Metallen	217
30. „ Messung von Spannungen und Widerständen durch Kompensation .....	223
31. „ Spezifischer Widerstand von Elektrolyten .....	228
32. „ Messung von Induktivitäten und Kapazitäten .....	233
33. „ Magnetisches Feld einer Spule und erdmagnetisches Feld.....	238

	Seite
34. Aufgabe: Schwingung und Dämpfung des Galvanometers . . . .	248
35. „ Empfindlichkeit und Widerstand eines Galvanometers	259
36. „ Die Konstanten des Galvanometers . . . . .	268
37. „ Messung sehr großer und sehr kleiner Widerstände..	273
38. „ Ballistisches Galvanometer . . . . .	277
39. „ Messung magnetischer Felder mit der Induktionsspule	288
40. „ Messungen mit dem Elektrometer . . . . .	296
Anhang I: Ungedämpfte und gedämpfte Schwingungen . . . . .	307
„ II: Theorie des Drehspulgalvanometers . . . . .	315

### Tabellen

I. Dichte des Wassers zwischen 0 und 30° C . . . . .	326
II. Dampfdruck des Wassers zwischen — 10 und + 30° C . . . . .	327
III. Siedetemperatur des Wassers zwischen 68 und 78 cm Hg. . . . .	328
IV. Reduktion einer Barometerablesung auf 0° C . . . . .	329
V. Reduktion eines Ausschlags auf den Bogen . . . . .	330
VI. Zum ballistischen Galvanometer . . . . .	331
VII. Wichtige Zahlen . . . . .	332