U N I V E R S I T Ä T R E G E N S B U R G

Naturwissenschaftliche Fakultät II - **Physik**

Anleitung zum Anfängerpraktikum

A1

23. überarbeitete Auflage 2009

Dr. Stephan Giglberger

Prof. Dr. Christian Schüller

Inhaltsverzeichnis

0 Einleitung **3**

0.1 Überblick über die Lehrveranstaltungen 4

0.2 Praktikumsvorbereitung 6

0.3 Literaturliste 7

0.4 Vorversuch: Bestimmung der Erdbeschleunigung mit einem Pendel 8

0 Einleitung

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Anfängerpraktikums A1 der Physik,
das Studium der Physik beinhaltet - neben den eher theoretischen Vorlesungen, Übungen und den mathematischen Ergänzungen - auch praktische Übungen, in denen Sie das Gelernte auch selbst im Experiment umsetzen sollen. Das Anfängerpraktikum vermittelt Ihnen dabei die unterschiedlichen Methoden und Verfahren, Messwerte zu erfassen, auszuwerten und zu bewerten. Ein äußerst wichtiger Punkt hierbei ist die Fehlerbetrachtung - denn mit jeder Messung sind unweigerlich auch Fehler verbunden.

Für die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum sollen Sie bitte folgende Punkte beachten:

- Zur Protokollführung ist für **jeden** Studenten ein gebundenes Praktikumsheft notwendig.
- Die Vorbereitungsfragen zu jedem Versuch sind von jedem Studenten *schriftlich* im Praktikumsheft festzuhalten. Während des Praktikums findet über den physikalischen Inhalt eine *mündliche* Aussprache statt.
- Der Versuchsablauf muß **schriftlich** im Praktikumsheft skizziert werden.
- Eine **Fehlerbetrachtung** gehört zu jeder Versuchsauswertung.
- Pro Gruppe ist **ein Originalprotokoll** vorzulegen. Der Praktikumspartner soll eine Kopie anfertigen.
- Das Versuchsprotokoll soll **während** der Praktikumszeit fertiggestellt werden.
- Die Vorlage des **testierten** Protokolls ist Voraussetzung für die Durchführung eines neuen Versuchs.

0.1 Überblick über die Lehrveranstaltungen

Die Physikausbildung des ersten Studienjahres besteht im Wesentlichen aus vier Veranstaltungen:

1. Vorlesung
2. Mathematische Ergänzungen bzw. Mathematik für Physiker
3. Übungen
4. Praktikum

Die vier Veranstaltungen bilden zusammen mit der selbständigen Erarbeitung des Lehrstoffes (*Vor- und Nachbereitung*) eine inhaltlich und zeitlich abgestimmte Gesamtheit:
Die **Vorlesung** führt in den Stoff ein, strukturiert ihn, zeigt allgemeine Zusammenhänge auf und gibt Übersichten.
Die **mathematischen Ergänzungen** bzw. die **Mathematik für Physiker** stellen das notwendige mathematische Rüstzeug zum Verständnis der Vorlesung und der Übungen zur Verfügung.
In den **Übungen** wird der Stoff der Vorlesung an Hand von Aufgaben vertieft. Grundlegende Lösungsmethoden werden geübt und bei der Bearbeitung von Problemen angewandt, die in gemeinsamer Diskussionsarbeit erkannt, formuliert und gelöst werden.
Im **Praktikum** schließlich sollen Sie lernen, physikalische Fragestellungen im Experiment selbst zu verfolgen und diese realistisch zu bewerten. Die grundlegenden Ziele im Anfängerpraktikum sind:

- Wie führe ich ein Experiment durch?
- Wie werte ich Meßergebnisse aus?
- Wie ordne ich die erhaltenen Daten in die bestehenden Erkenntnisse ein?

Falls dabei Widersprüche auftreten, sollten Sie zuerst an der Versuchsdurchführung zweifeln, sie überprüfen und gegebenenfalls wiederholen, bevor Sie sich entschließen, wesentliche Teile des theoretischen Verständnisses über Bord zu werfen. Ebensowenig sollten Sie versuchen, nicht ausreichend sorgfältig durchgeführte Experimente als Stütze neuer Theorien anzubieten. Dies gilt auf allen Ebenen des physikalischen Experimentierens bis hin zum Forschungslabor und sollte daher frühzeitig erübt werden.
Die hier angebotenen Versuche wurden so ausgewählt, dass sie anschaulich grundlegende Modellvorstellungen zum Verständnis bis hin zur Molekül-, Atom- und Kernphysik vermitteln. Denn die Erhaltungssätze von Impuls und Drehimpuls oder die Eigenschaften schwingungsfähiger Systeme gelten über die Mechanik hinaus in der ganzen Physik.

Wegen der Ankopplung des Praktikums an die anderen Veranstaltungen ist es sinnvoll, die Experimente in einer bestimmten, aufbauenden Reihenfolge und in festgelegten Zeiträumen durchzuführen. Es kann jedoch trotzdem vorkommen, dass Sie einen Versuch durchführen müssen, zu dem Sie die Grundlagen in der Vorlesung noch nicht gehört haben. Daher müssen Sie lernen, sich auch selbstständig mit Hilfe der Bibliothek auf diese Versuche vorzubereiten. In den höheren Semestern wird dies zur Regel werden.

Die Versuchsanleitungen sind trotz mehrfacher Überarbeitung formal und inhaltlich wahrscheinlich nicht völlig fehlerfrei. Wir möchten Sie bitten, durch konstruktive Kritik an weiteren Verbesserungen mitzuwirken.

0.2 Praktikumsvorbereitung

Ein Experiment beginnt schon bei der Planung. Die Praktikumszeit ist immer beschränkt. Je besser Sie sich vorher mit dem Versuch beschäftigt haben, desto leichter und erfolgreicher ist die Durchführung. Die Versuchsanleitung und die Bearbeitung der darin gestellten Fragen sollen Ihnen dabei helfen.

Einen großen Teil der notwendigen Vorkenntnisse vermitteln Ihnen Vorlesung und Übungen. Oft wird aber auch zusätzliches Literaturstudium nötig sein. Sie sollten sich daher möglichst früh daran gewöhnen, die Lehrbücher der Bibliothek zu benutzen. Grundlagen für die meisten Versuche finden Sie in fast jedem der in der folgenden (unvollständigen!) Literaturliste aufgeführten Bücher. Die Signatur hinter dem Buchtitel erleichtert Ihnen das Auffinden des Buches. Im Laufe der Zeit werden Sie selbst herausfinden, welche Darstellung Ihnen am besten gefällt.

Bei den Versuchsanleitungen wird mitunter auf ein bestimmtes Buch verwiesen. Das geschieht durch eingeklammerte Ziffern, die sich auf die durchlaufende Nummerierung der Literaturliste beziehen. Auf Seitenangaben kann verzichtet werden, denn die Stichwortaufzählung unter „Grundlagen “am Anfang jeder Versuchsanleitung gibt ausreichend Hinweise.

Sie finden bei den Versuchsanleitungen jeweils die Rubrik „Aufgaben zur Vorbereitung“. Lösen Sie diese Aufgaben grundsätzlich schriftlich und tragen Sie die Lösungswege und Ergebnisse vor Beginn des Praktikums in Ihr **Praktikumsheft** ein, in das Sie auch das Versuchsprotokoll eintragen.

Die Vorbereitung eines Versuchs soll Sie befähigen, sich sowohl mit Ihrem Praktikumspartner als auch mit Ihrem Betreuer „kompetent “über den Versuch sowie die darin aufgeworfenen physikalischen Fragen unterhalten zu können. Scheuen Sie sich nicht, sich an Ihre Betreuer zu wenden, falls Unklarheiten bei der Vorbereitung oder der Durchführung auftreten

0.3 Literaturliste

I. Allgemeine Lehrbücher

1)	Dransfeld, Kienle, Vonach: Physik I	84 / UC 174, D 764
2)	Gerthsen, Physik	84 / UC 156, G 384
3)	Tipler, Physik	84 / UC 194, T 595
4)	Demtröder, Experimentalphysik 1	84 / UC 194, D 389
5)	Berkeley Physik Kurs, Bd. 1	84 / UC 162, B 512 D 4
6)	Feynman: Physik Bd. 1	84 / UC 163, F 435 D 4
7)	Alonso-Finn: Fundamental University Physics, Bd. 1	84 / UC 167, A 454
	oder deutsche Kurzfassung: Physik	84 / UC 170, A 454 D 4
8)	Orear: Fundamental Physics	84 / UC 161, O 66 E 5
9)	Pohl: Mechanik . . .	84 / UC 127, P 748
10)	Bergmann - Schäfer: Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. 1 (11. Auflage)	84 / UC 143, B 499(11)
11)	Kohlrausch: Praktische Physik, Bd. 1	84 / UC 100, K 79

II. Lehrbücher speziell für das Praktikum:

1)	Walcher: Praktikum der Physik	84 / UC 400, W 154
2)	W. H. Westphal : Physikalisches Praktikum	84 / UC 400, W 537
3)	Berkeley Physics Kurs, Bd. 6	84 / UC 162, B 512 D 4

III. Enzyklopädien und Lexika

1)	Landolt - Börnstein (ausführliches Tabellenwerk)	84 / UC 506
2)	Handbuch der Physik (Flügge)	84 / UC 550
3)	Lexika und allgemeine Nachschlagwerke	84 / UB
	speziell	84 / UB 1001 - UB 1005
4)	Mathematische Tafelwerke und Formelsammlungen	84 / SH 500

0.4 Vorversuch: Bestimmung der Erdbeschleunigung mit einem Pendel

Anhand dieses Vorversuches soll Ihnen gezeigt werden, wie die Versuche des A1-Praktikums bearbeitet werden sollen. Anhand des Musterprotokolls sollen die Auswertung von experimentellen Daten, die Fehlerrechnung sowie eine geeignete graphische Darstellung erübt werden.
Für den Vorversuche sind die Messdaten bereits in einer Tabelle vorgegeben. Sie sollen aus diesen Daten die Erdbeschleunigung g bestimmen.

Aufgaben zur Vorbereitung

1. Sie sitzen mit Stoppuhr und Lineal im Biergarten und wollen überprüfen, ob der Zerfall des Bierschaums tatsächlich exponentiell ist, d.h. die Schaumhöhe $h \propto e^{-kt}$. Was müssen Sie wie und in welchem Papier auftragen, um eine Gerade der Steigung $-k$ zu erhalten und so die exponentielle Abhängigkeit zu bestätigen?

2. Sie haben zwei Magnete und messen die Kraft F, mit der sie sich abstoßen, in Abhängigkeit vom Abstand x der Magnete. Sie wissen aus dem Physikunterricht, dass $F \propto x^n$. Was müssen Sie wie und in welchem Papier auftragen, um eine Gerade zu erhalten und wie bestimmen Sie n?

3. Sie wollen den Impuls Ihres Autos bei $v = 50km/h$ bestimmen. Sie wissen, dass Ihr Tachometer eine Genauigkeit von $\Delta v/v = 7\%$ und Ihr Auto eine Gesamtmasse $m = 1040kg$ hat, wobei Sie einen Fehler von $\Delta m = 80kg$ schätzen (Benzinmenge, Zuladung, etc.).
   Berechnen Sie den Impuls $p = m \cdot v$ mit Fehlerangaben (Δp und Δp/p).

4. Nach langem Rechnen haben Sie mit Ihrem Taschenrechner die nachfolgenden Ergebnisse erhalten. Runden Sie die Ergebnisse richtig!
   (2,36 ± 0,16) m
   (21,7342 ± 0,13254) s
   (72,814 ± 3,821) N
   (0,00236 ± 0,0002) km
   (3218,1 ± 93,247) W

Versuchsdurchführung

Aufbau:

Der Aufbau besteht aus einer kleinen Masse *m*, die an einem dünnen Faden von variabler Länge *l* aufgehängt ist. Bei geringer Auslenkung zeigt das Pendel harmonische Schwingungen.

Messung:

Die Dauer einer Schwingung T wurde für unterschiedliche Fadenlängen l je dreimal gemessen.

Länge l [cm]	Zeit T_1 [s]	Zeit T_2 [s]	Zeit T_3 [s]
20	0,76	0,84	0,92
40	1,18	1,34	1,33
60	1,52	1,63	1,51
80	1,86	1,71	1,77
100	2,12	2,02	1,99

Hinweis: üblicherweise nimmt man bei einer manuellen Zeitmessung mit der Stoppuhr einen Fehler von $\pm\ 0,1$ *s jeweils für den Start- und Stoppvorgang an. Als Fehler in der Längenmessung soll hier* $\pm\ 2$ *cm angenommen werden.*

Auswertung:

Die erwartete Abhängigkeit der Schwingungsdauer bei einem Pendel lautet:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Da die Erdbeschleunigung g bestimmt werden soll, ergibt die Umformung:

$$g = 4\pi^2\frac{l}{T^2}$$

Tragen Sie nun die Messwerte in geeigneter Darstellung graphisch auf und ermitteln daraus die Erdbeschleunigung g.

Hinweis: um für die graphische Auftragung einen linearen Zusammenhang zu erreichen, benutzt man die Beziehung $l = gT^2/4\pi^2$. *Es muss also l gegen* T^2 *aufgetragen werden, um aus der Steigung g zu bestimmen. (Würde man l gegen T auftragen, so würde sich eine quadratische Abhängigkeit ergeben, die sich graphisch kaum auswerten lässt.)*

Vorgehensweise:

Berechnen Sie zuerst aus den Messwerten der Schwingungsdauer den Mittelwert $\overline{T}$ und den Fehler ΔT. Addieren Sie zum Fehler ΔT den systematischen Fehler der manuellen Zeitmessung und ermitteln dann den relativen Fehler. Um in die Abbildung Fehlerbalken einzeichnen zu können, können Sie jetzt den Mittelwert quadrieren und entsprechend den Regeln zur Fehlerfortpflanzung den relativen und absoluten Fehler von T^2 berechnen. Berücksichtigen Sie in der Abbildung auch den Fehler Δl der Messung der Länge l. Nun können Sie die Werte in ein Diagramm einzeichnen. Anschließend die mittlere, maximale und minimale Steigung einzeichnen (siehe Skizze!) und daraus ein mittleres, maximales und minimales g berechnen.

Beachten Sie dabei, dass Sie möglichst große Steigungsdreiecke wählen (warum?). Geben Sie als Ergebnis den Mittelwert von g mit absolutem und relativem Fehler an. Vergessen Sie nicht, richtig zu runden!

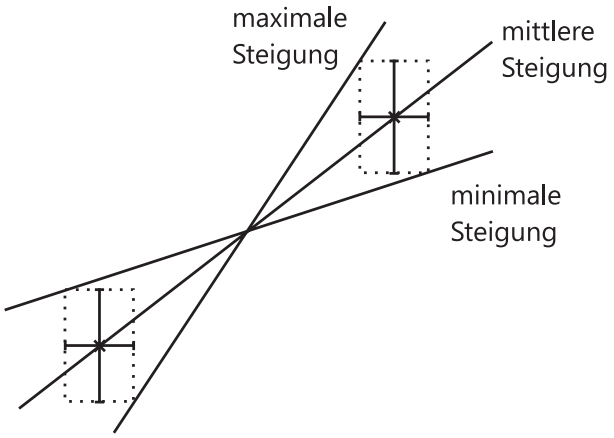

Abbildung 0.1: *Skizze zum Einzeichnen der Extremalgeraden*

Zusatzfrage: In der Praxis wird man nicht mehrere einzelne Schwingungen messen, sondern die Zeit ermitteln, in der das Pendel z.B. 10mal schwingt. Warum wird dadurch die Genauigkeit erhöht, d.h. der Messfehler verringert?