
Vorwort

Die vorliegende Anleitung wurde im April 2003 zum großen Teil neu erstellt. Es wurde versucht, eine möglichst einheitliche Strukturierung zu erreichen und die Anleitung möglichst kurz und übersichtlich zu halten. Zu jedem Versuch werden Stichworte genannt, die in den angegebenen Lehrbüchern zu studieren sind, so dass die an der Anleitung gestellten Fragen beantwortet werden können. Folgende Lehrbücher und Skripten sind aus unserer Sicht empfehlenswert:

1. W. Demtröder, Experimentalphysik 1-3, Springer-Verlag
2. E. Otten, Repetitorium Experimentalphysik, Springer-Verlag
3. Bergmann/Schäfer, Experimentalphysik (viele Bände, sehr ausführlich)
4. Gerthsen/Meschede, Physik, Springer-Verlag, 21. Auflage
5. Berkeley Physik-Kurs (z.T. sehr ausführlich)
6. G. Staudt, Experimentalphysik I und II, Wiley-VCH (Skriptum der Physik-Vorlesung von Prof. Staudt, Tübingen)
7. Tipler, Physik
8. D. Geschke, Physikalisches Praktikum, BG Teubner Stuttgart/Leipzig
9. W.H.H. Gränicher, Messung beendet – was nun?, BG Teubner Stuttgart (ausführliches Buch zur Fehlerrechnung)

Bei den meisten Versuchen wird noch explizit der entsprechende Abschnitt angegeben bzw. auf weitere Literatur hingewiesen. Für einige Versuche sind auch Skripte zur Vorbereitung im WWW gesammelt:

<http://www.pit.physik.uni-tuebingen.de/praktikum/anfaenger>

Einer kurzen Versuchsbeschreibung folgen die Aufgaben zur Messung und zur Auswertung. Zusätzliche Informationen zum Versuch wie längere theoretische Ableitungen, technische Hinweise etc. finden sich im jeweiligen Anhang.

1. Versuchsvorbereitung und Protokollführung

Die inhaltliche Vorbereitung auf den Versuch erfolgt mit Hilfe der jeweils angegebenen Literatur, so dass Sie in der Lage sind, die in der Vorbereitung genannten Fragen sicher zu beantworten. Bei Problemen in der Vorbereitung dürfen Sie sich nicht scheuen, den zuständigen Assistenten zu konsultieren oder auch den Versuchsaufbau zu besichtigen. Verwenden Sie genügend Zeit für die Vorbereitung auf den Versuch, selbst wenn der Stoff günstigstensfalls gerade Inhalt der Vorlesung war.

Neben der inhaltlichen Vorbereitung auf den Versuch sollten Sie auch den Versuchsablauf nach Möglichkeit schriftlich planen, dies ermöglicht ein zügiges Arbeiten während des Versuches und erspart Ihnen u.U. auch viel Zeit bei der Fertigstellung des Protokolles. Schauen Sie sich zur *Vorbereitung* auch *gute* Protokolle älterer Semester an, wie sie z.T. auch von der Fachschaft Physik angeboten werden. Hüten Sie sich jedoch davor, diese Protokolle auch nur auszugsweise wörtlich zu übernehmen, dies muss als Betrug gewertet werden.

Jeder Versuchsteilnehmer fertigt ein eigenes Protokoll an, das aus gehefteten (keine Büroklammern!) A4-Blättern besteht. Das Protokoll dokumentiert die Versuchsvorbereitung, -durchführung und Auswertung und darf daher nicht mit Bleistift geführt werden. Es muss eine Rekonstruktion des Versuchsablaufs erlauben, daher ist *jeder* Messwert und jede Zwischenrechnung im Protokollbuch zu notieren. Fehlerhafte Eintragungen sind sauber durchzustreichen und gegebenenfalls mit einer Erläuterung zu versehen.

Grafische Darstellungen sind, soweit sie manuell angefertigt werden, auf Millimeterpapier zu zeichnen. Alle Achsen sind zu beschriften, Diagramme sind mit einer Legende zu versehen.

Zur Ausarbeitung des Protokolls kann selbstverständlich der Computer zu Hilfe genommen werden, um die Ergebnisse und Messfehler zu berechnen, Diagramme zu zeichnen sowie den Schriftsatz mit Hilfe geeigneter Textverarbeitungs- oder Satzprogramme zu erstellen. Dabei ist jedoch folgendes zu beachten:

- das handschriftlich erstellte Protokoll ist das Originaldokument des Versuches und ist daher immer Bestandteil der Ausarbeitung.
- Messwerte sind grundsätzlich direkt und ohne fehlerträchtige Umrechnung in das vorbereitete Protokoll einzutragen.
- Ausnahmen bilden Messverfahren, bei denen die Messwerte vom Computer o.ä. in maschinenlesbarer Form erfasst wurden und ein Ausdruck der einzelnen Werte auf Grund der Datenmenge nicht sinnvoll ist.
- Computergenerierte Diagramme sollten mindestens den gleichen Anforderungen wie manuell erstellte Diagramme genügen. Dazu gehören eine sinnvolle Achsbeschriftung und -unterteilung, eine Legende sowie eine Überschrift. Werden mehrere Messreihen in ein Diagramm gezeichnet, so sind die Messwerte der einzelnen Reihen mit unterschiedlichen Symbolen zu kennzeichnen. Soweit möglich, sind die Messpunkte mit Fehlerbalken zu versehen. Grundsätzlich dürfen einzelne Messpunkte **nicht** durch Linien oder Splines verbunden werden (wie das viele Programme standardmäßig tun), dies ist unphysikalisch. Theoretische Zusammenhänge oder Ausgleichskurven sollen hingegen mit genügend hoher Stützstellendichte als durchgehende Linien gezeichnet werden.
- Protokolle, die Ihnen zur Korrektur zurückgegeben wurden, sollten bei der erneuten Abgabe klar erkennen lassen, an welchen Stellen eine Korrektur erfolgte. Dazu geben Sie *zusammen mit dem beanstandeten Protokoll* entweder eine überarbeitete Version des Protokolls oder ein Korrekturblatt ab.

Als Beispiel für die Protokollführung kann folgendes Muster dienen:

Kopf des Protokolls: Name, Studienrichtung, Datum, betreuender Assistent
Abteilung, Versuchsbezeichnung, Messplatznummer
Aufgaben

Vorbereitung: Grundlagen

Die dem Versuch zu Grunde liegenden physikalischen Gesetze sind darzustellen, die zur Lösung der in der Anleitung gestellten Fragen und zum Verständnis des Versuches nötig sind. Dies erfolgt schriftlich im Protokoll. Dabei sind wichtige Gleichungen zu notieren, vorkommende Größen sind zu erläutern, nötigenfalls ist der Gültigkeitsbereich einzuschränken.

Es empfiehlt sich, bereits in der Vorbereitung die zur Berechnung bzw. der Abschätzung der Messunsicherheit nötigen Formeln abzuleiten. Bewährt haben sich Tabellen, die alle mit Unsicherheiten behafteten Größen mit deren zufälligen, systematischen und Gesamtfehlern zusammenfassen. Es sollte auch stets der relative Fehler (in %) berechnet werden, der insbesondere bei Benutzung der Maximalfehlermethode eine bessere Übersicht ermöglicht.

Die verwendeten Messverfahren, -geräte, Schaltungen usw. sind *kurz* zu beschreiben. Eine zeitliche Planung sowie eine Aufgabenverteilung ist, soweit möglich, ebenfalls schriftlich vorzunehmen.

Messergebnisse: Die gemessenen Werte sind direkt in entsprechende Tabellen eingetragen, die bereits Spalten für Umrechnungen und Zwischenergebnisse enthalten sollten. Der Tabellenkopf sollte die physikalische Größe und ihre Einheit eindeutig kennzeichnen. Messbereiche, gerätespezifische Daten und Angaben zur Ermittlung der Messunsicherheiten sind zu notieren.

Auswertung: Berechnungen und wichtige Zwischenergebnisse sind so darzustellen, dass sich Ergebnisse mühelos rekonstruieren lassen. Graphische Darstellungen sind in geeigneten Maßstäben anzufertigen. Die systematischen und zufälligen Messunsicherheiten sind zu ermitteln und in die vorbereiteten Tabellen einzutragen.

Ergebnisse: Die entsprechend der Aufgabenstellung ermittelten Ergebnisse sind zusammen mit den Messunsicherheiten, den korrekten Größenbezeichnungen und Einheiten, gerundet auf signifikante Stellen, zusammen zu fassen. Die zugehörigen Diagramme sind zu interpretieren und ggf. mit theoretischen Abhängigkeiten zu vergleichen. Entscheidend ist abschließend die Diskussion der Ergebnisse, die notwendiger Bestandteil jedes physikalischen Experiments ist. Wichtig sind dabei

- der Vergleich mit Literaturwerten
- die Übereinstimmung mit theoretischen Zusammenhängen
- der Vergleich mit anderen Messverfahren und -prinzipien
- die Diskussion der Einflüsse auf die Genauigkeit des Ergebnisses

- eine kritische Betrachtung zusätzlicher Fehlerquellen, die keinen Eingang in die quantitative Messfehlerabschätzung fanden

2. Ablauf des Versuchstermins

In einem ca. einstündigen Kolloquium werden zunächst die dem Versuch zugrunde liegenden physikalischen Sachverhalte diskutiert. Dies schließt eine Überprüfung der Vorbereitung der Praktikanten durch den Assistenten ein. Bei nicht ausreichender Vorbereitung erfolgt ein Ausschluss vom Versuch! Nach einer Einweisung in den Versuchsaufbau erfolgt die Durchführung des Experiments durch die Praktikanten. Gehen Sie bitte sorgfältig mit Instrumenten und Geräten um. Für grob fahrlässige Beschädigung oder Zerstörung wird Schadenersatz verlangt.

Elektrische Schaltungen müssen grundsätzlich vom Assistenten kontrolliert werden, bevor sie in Betrieb genommen werden dürfen.

Nach Versuchsende sind Schaltungen und eigene Versuchsaufbauten abzubauen, der Praktikumsplatz ist ordentlich aufzuräumen.

3. Abgabe des Protokolls

Die vollständig ausgearbeiteten Protokolle sind grundsätzlich zum übernächsten Termin fertigzustellen, d.h. nach einer Woche im Semesterpraktikum und nach zwei Tagen im Blockpraktikum. Spätestens zwei Wochen nach dem jeweiligen Versuch muss der Versuch testiert sein, ansonsten ist er zu wiederholen. In begründeten Fällen kann der Praktikumsleiter Verlängerungen gewähren, wenn sie vor Ablauf der Frist beantragt werden. Verzögerungen durch die Assistenten werden zu Gunsten der Praktikanten berücksichtigt. Jeder Praktikant hat ein eigenes Protokoll abzugeben, das auch eine Kopie der gemeinsam erstellten Ausarbeitung sein kann. Der aktuelle Stand der Protokolle kann ebenso wie der Versuchsplan im WWW unter folgender Adresse eingesehen werden: <http://www.pit.physik.uni-tuebingen.de/studium>

Achten Sie darauf, dass Ihre Versuche dort korrekt durch die Assistenten testiert werden, denn die Einträge in der zu Grunde liegenden Datenbank sind maßgeblich für die Ausstellung des Scheins. In allen Abteilungen befinden sich Körbe zur Abgabe der Praktika, zudem existieren Schränke zur Abgabe bzw. zum Abholen der Protokolle. Ihre Assistenten weisen Sie darauf hin.

Für die Unterstützung bei der Anfertigung der Anleitungen möchte ich mich bei Virginia Oehmichen (Versuche GP, PP, SA), Tobias Clauß (Optik I), Sebastian Kraft (EO, LK, IK) sowie Jan Bärtle (US, TE, PT, HG, FE, EF) bedanken. Die Anleitung zum Michelsonversuch wurde von Florian Jessen geschrieben. Christoph von Cube, Christoph Back, Norbert Lages und F. Jessen (Optik II) haben Verbesserungen zu einzelnen Versuchen geliefert.