

# B. Vorgehensweise im Praktikum

## B.1. Vorbereitung

Die Versuche sollen jeweils *vor* dem Praktikumstermin an Hand der Versuchsanleitung und erforderlichenfalls weiterer Literatur so vorbereitet werden, dass sowohl die physikalischen Grundlagen als auch der prinzipielle Versuchsablauf klar sind.

Vor Ort sollen dann nur noch technische Details zu klären sein, sonst leidet der erwünschte Lerneffekt. Zu Versuchsbeginn findet deshalb auch ein kurzes „Vorgespräch“ mit der jeweiligen Tutorin/dem Tutor statt. Der Versuch darf nur dann durchgeführt werden, wenn die Vorkenntnisse ausreichend sind. Sonst ist der Versuch für einen anderen Tag neu anzumelden.

Falls Sie also während der Vorbereitungsphase auf Probleme stoßen, versuchen Sie diese im Gespräch zu klären. Sei es mit anderen, die den Versuch schon gemacht haben, oder mit einer Tutorin/einem Tutor. Sie dürfen auch gerne im Praktikum vorbeikommen und fragen. Warten Sie nicht bis zum Praktikumstermin!

Die Versuchsanleitungen enthalten auch einen Abschnitt „Ergänzende Informationen“. Der Inhalt dieses Abschnitts ist für die Durchführung und Auswertung des Versuches nicht unbedingt notwendig, sondern soll den Versuch in einen größeren Rahmen stellen und dazu anregen, das jeweils untersuchte Phänomen nicht als „auf das Physikpraktikum beschränkt“ zu betrachten.

## B.2. Versuchsdurchführung

### B.2.1. Allgemeine Richtlinien

Alles wissenschaftliche Arbeiten an der Universität Konstanz unterliegt den allgemeinen „**Richtlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten an der Universität Konstanz**“. Diese wurden veröffentlicht in den amtlichen Bekanntmachungen der Universität Konstanz Nr. 8/98 vom 08.12.1998 und sind auf dem Internet unter [http://www.uni-konstanz.de/futt/files/richtlinien\\_wiss\\_praxis\\_8-98\\_081298.pdf](http://www.uni-konstanz.de/futt/files/richtlinien_wiss_praxis_8-98_081298.pdf) bzw. <http://www.uni-konstanz.de/futt/?cont=reguwipr&lang=de> abrufbar (Stand 27.04.2010).

Für das Praktikum wichtige Aussagen dieser Richtlinien sind u. a.:

- Wissenschaftliches Fehlverhalten liegt vor, wenn bei wissenschaftlichem Arbeiten bewusst oder grob fahrlässig Falschangaben gemacht werden, geistiges Eigentum anderer verletzt oder sonstwie deren Forschungstätigkeit sabotiert wird.

- Als Fehlverhalten kommt insbesondere in Betracht:
  - Falschangaben
    - \* das Erfinden von Daten;
    - \* das Verfälschen von Daten, z. B.
      - durch Auswählen und Zurückweisen unerwünschter Ergebnisse, ohne dies offenzulegen,
      - durch Manipulation einer Darstellung oder Abbildung;
  - Verletzung geistigen Eigentums
    - \* in Bezug auf ein von einem anderen geschaffenes urheberrechtlich geschütztes Werk oder von anderen stammende wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse, Hypothesen, Lehren oder Forschungsansätze:
      - die unbefugte Verwertung unter Anmaßung der Autorschaft (Plagiat),
      - die Anmaßung oder unbegründete Annahme wissenschaftlicher Autor- oder Mitautorschaft,
    - die Sabotage von Forschungstätigkeit (einschließlich dem Beschädigen, Zerstören oder Manipulieren von Versuchsanordnungen, Geräten, Unterlagen, Hardware, Software, Chemikalien, Zell- und Mikroorganismenkulturen oder sonstiger Sachen, die ein anderer zur Durchführung eines Experiments benötigt).

### B.2.2. Messprotokoll

Die Versuchsdurchführung wird auf einem Messprotokoll dokumentiert. Dieses Messprotokoll ist ein **Dokument** und soll wie ein Laborbuch geführt werden:

- Nur *dokumentenechte Stifte* verwenden (kein Bleistift!).
- Gleich zu Beginn beschriften mit
  - dem Namen der Studentin/des Studenten,
  - dem Versuchsdatum und
  - der Bezeichnung des Versuchs.
- Eintragungen werden *in keinem Fall unleserlich* gemacht (z. B. überklebt oder dick übermalt). Müssen Eintragungen korrigiert werden, so sind sie *stets leserlich* durchzustreichen. Es wäre ja durchaus denkbar, dass die im Moment als falsch erscheinenden Eintragungen später bei der Rekonstruktion des Versuchsablaufs doch noch wichtig werden.
- Immer „*Rohdaten*“ aufschreiben, nicht die daraus berechneten Werte. Manchmal stellt sich erst bei der Auswertung heraus, dass die Rechnung etwas anders durchgeführt hätte werden sollen, oder dass die Rohdaten noch zu weiteren Zwecken

nützlich gewesen wären. Wurden sie dann nicht notiert, muss der Versuch u. U. wiederholt werden. Außerdem vermeidet man durch Notieren der Rohdaten Flüchtigkeitsfehler, die beim Umrechnen unter Zeitdruck während der Versuchsdurchführung leichter passieren können.

Zum Abschluss des Versuches muss das Messprotokoll (die Messwerte) am Praktikumstag vom der jeweiligen Tutorin/dem Tutor abgestempelt (roter Tagesstempel) und unterschrieben werden.

## B.3. Nachbereitung (Praktikumsbericht)

Die Auswertung der Daten erfolgt nicht im Rahmen der Praktikumszeit, sondern z. B. zu Hause. Jede Praktikantin/jeder Praktikant fertigt grundsätzlich einen eigenen Praktikumsbericht an, auch wenn die Versuche üblicherweise in Zweiergruppen durchgeführt werden.<sup>1</sup>

**Der Praktikumsbericht muss in erster Linie eine *eigene* Leistung sein und nicht eine Abschrift oder Kopie fremder Texte. Wenn andere Arbeiten (fremde oder eigene) zitiert oder Abbildungen daraus verwendet werden, so ist die entsprechende Stelle klar zu kennzeichnen und auch an dieser Stelle die Quelle so anzugeben, dass sie ggf. leicht auffindbar ist.**

Der Praktikumsbericht wird in der Regel der gleichen Tutorin/dem Tutor abgegeben, die/der auch den Versuch betreut hat. Diese/dieser korrigiert den Praktikumsbericht, fordert eventuell Nachbesserungen und unterschreibt ihn schließlich, *wenn er den Anforderungen genügt*.

Praktikumsberichte dürfen mit dem Computer geschrieben werden (das ist inzwischen der übliche Fall). In jedem Fall ist (ggf. zusätzlich zur Papierform) auch eine pdf-Datei<sup>2</sup> auf den AP-Server hochzuladen, die von der Tutorin/dem Tutor auf Übereinstimmung mit der zur Korrektur abgegebenen Version überprüft und vom Server automatisch auf mögliche Plagiatstellen untersucht wird. **Im Fall eines Täuschungsversuchs können als Konsequenz alle bisher im aktuellen Praktikumsmodul absolvierten Versuche aberkannt werden.**

---

<sup>1</sup>Dies gilt insbesondere im AP-1. In den anderen Praktikumsmodulen ist zur Arbeitserleichterung alternativ auch die Abgabe als Gruppe mit folgenden Einschränkungen gestattet:

- Bei handschriftlichen Berichten muss mindestens der Grundlagenteil von jeder/jedem selbst geschrieben werden.
- Bei mit dem Computer erstellten Berichten genügt zunächst die Abgabe einer Version mit beiden Titelblättern. Nach Ende des Korrekturprozesses soll aber jede/jeder eine eigene gedruckte Version haben.
- Jede Autorin/jeder Autor muss den Text in seiner Gesamtheit kennen und vertreten können. Wenn Sie dabei aus irgendwelchen Gründen Bedenken haben, geben Sie Ihren Bericht als Einzelperson ab.

<sup>2</sup>Die Dateien müssen zwingend im pdf-Format gespeichert werden. Falls es damit Probleme gibt, fragen Sie bitte nach.

Wem die Erstellung von Bildern und das Schreiben der Formeln mit dem Computer zu aufwendig ist, der darf diese auch von Hand in den Praktikumsbericht einfügen.

**Die Dateien werden zu Vergleichszwecken im Physikalischen Anfängerpraktikum archiviert.**

**Beachten Sie bitte die auf Seite 734 aufgeführten Fristen.**

### B.3.1. Schreibweisen

Zwar kann man den gleichen physikalischen Sachverhalt mit ganz verschiedenen Schreibweisen ausdrücken, es dient aber dem besseren Verständnis, allgemein akzeptierte Schreibweisen zu verwenden. So ist es z. B. sicher nicht *nötig*, das Volumen mit dem Formelzeichen  $V$  zu bezeichnen, es ist aber *sinnvoll* und daher *üblich*, denn die meisten Leser werden die Aussage einer Formel schneller erfassen, wenn man sich an diese Konvention hält.

Zur weiteren Verbesserung der Lesbarkeit von Formeln ist es üblich, Formelzeichen für Variablen und Konstanten physikalischer Größen kursiv zu schreiben, Einheiten und „textartige“ Indices hingegen aufrecht. Man schreibt also z. B. bei der Angabe einer Maximalspannung  $U_{\max} = 17 \text{ V}$ . Weitere Hinweise zu Konventionen, die im vorliegenden Text verwendet werden, finden Sie in Anhang H auf Seite 795.<sup>3</sup>

### B.3.2. Grundlagen

Zu jedem Praktikumsbericht gehört ein Grundlagenteil. Darin sollen die physikalischen Grundlagen des durchgeführten Versuches verständlich dargelegt werden. Das Ziel ist dabei nicht, ein „Lehrbuch“ zu schreiben. Es soll aber aus dem Grundlagenteil auch für Nichteingeweihte verständlich werden, was für eine physikalische Messung durchgeführt wird, wie sie abläuft und welchem Ziel das dient.

In vielen Fällen sind Skizzen sehr hilfreich für eine verständliche Darstellung der Zusammenhänge. Diese dürfen selbstverständlich von Hand gezeichnet oder unter korrekter Angabe der Quelle aus der Literatur entnommen werden.

### B.3.3. Auswertung

Die während der Praktikumszeit gewonnenen Messwerte werden entsprechend den in der Versuchsanleitung angegebenen oder selbst hergeleiteten Formeln ausgewertet. Schließlich ist das Ziel eines Versuches meist die Bestimmung einer physikalischen Größe oder die Bestätigung einer physikalischen Gesetzmäßigkeit.

Dabei soll der Rechenweg anhand des Praktikumsberichtes vollständig nachvollziehbar sein. Alle dazu notwendigen Rechenschritte sollen daher so notiert werden, dass sie eindeutig und ohne großen Aufwand rekonstruiert werden können.

Auch bei Tabellen ist darauf zu achten, dass die *Einheiten* der physikalischen Größen mit angegeben werden.

---

<sup>3</sup>Wissenschaftliche Zeitschriften geben meist eigene Vorschriften heraus, die bei der Veröffentlichung eingehalten werden müssen. Sie finden die entsprechenden Angaben jeweils auf den Internetseiten der Verlage.

Ergebnisse sind unter Berücksichtigung der Messunsicherheit sinnvoll zu runden. Das Ergebnis (einschließlich der Messunsicherheit, s. u.) soll am Ende des Praktikumsberichtes klar formuliert werden, z. B.

„Das Trägheitsmoment des Kreisels beträgt  $\Theta = 0.0712(91)$  kg · m<sup>2</sup>.“

**Der alleinige Abdruck einer Tabelle oder das „Verstecken“ mehrerer Ergebnisse in einer längeren Rechnung ist *nicht* ausreichend.**

### B.3.3.1. Regeln zur Erstellung von Diagrammen

Bei der Darstellung von Messwerten und Ergebnissen kommt graphischen Darstellungen („Diagrammen“) eine besondere Bedeutung zu. Es ist weniger wichtig, ob diese von Hand oder mit dem Computer erzeugt werden, entscheidend ist vielmehr die Klarheit und Korrektheit der Darstellung. In diesem Zusammenhang sollten möglichst die folgenden „Regeln“ beachtet werden.

#### Das Achsenkreuz

##### 1. Wahl der Achsen

Die unabhängige Variable sollte auf der waagerechten Achse<sup>4</sup> aufgetragen werden. Wenn Achsen von Hand gezeichnet werden, sollte dazu ein Lineal verwendet werden.

##### 2. Achseneinteilung

Die Achseneinteilung sollte so gewählt werden, dass die Koordinaten jedes Datenpunktes schnell und leicht ermittelt werden können.

In jedem Fall ist die Einteilung und auch die *Einheit* der aufgetragenen Größe an der Achse anzugeben.

##### 3. Nullpunktsunterdrückung

Wenn es keinen triftigen Grund gibt, den Achsenschnittpunkt auf einen bestimmten Wert zu legen, dann soll der Wertebereich beider Achsen so gewählt werden, dass die Daten einen möglichst großen Bereich des Diagramms ausfüllen. Das gilt auch dann, wenn eine oder beide Achsen logarithmisch dargestellt sind.

#### Datenpunkte und Messunsicherheitsbalken

##### 4. Symbole

Die Messpunkte sollen deutlich durch entsprechende Symbole gekennzeichnet werden. Dabei ist es wichtig, dass der jeweilige Mittelpunkt leicht erkennbar ist. Üblich sind unter anderem:

+ ⊙ ⊗ ⊕ △ ◇ \* \* ◦ • ◊ ◃ ▽ ◁ ▷ ⊕ ⊖ ⊗ ⊘ ◊ ◌ △ ▽ ★ ▲ ▼ ■ ◆ ◈ ◧ ◩ ⊞ ⊞ ⊞ ⊞ ⊞ ⊞ ⊞ ◀ ▶

<sup>4</sup>Die meist waagrecht gezeichnete Achse, auf der die unabhängige (erste) Koordinate eines Messpunktes abgetragen wird, heißt *Abszissenachse*. Sie wird manchmal auch (etwas ungenau) als „x“-Achse bezeichnet.

### 5. unterschiedliche Messreihen

Punkte, die zu verschiedenen Messreihen gehören, sollten unterschiedlich gekennzeichnet werden (Form, Größe, Farbe der Symbole).

Die Farbe als Unterscheidungsmerkmal ist dabei mit Vorsicht zu genießen, weil sie bei Kopien oft nicht mehr unterscheidbar ist.

### 6. Messunsicherheitsbalken

Die Messunsicherheit jedes Datenpunktes ist im Normalfall als Messunsicherheitsbalken („Fehlerbalken“) einzuzichnen. Dabei kann es nötig sein, in beide Achsenrichtungen und sogar für positive und negative Abweichungen unterschiedliche Messunsicherheitsbalken zu zeichnen. Am üblichsten ist aber der symmetrische Balken in Richtung der abhängigen Variable.<sup>5</sup>

## Kurve durch Messpunkte

Eine *zusätzlich* zu den Messpunkten eingezeichnete durchgezogene Kurve *kann* die Lesbarkeit eines Diagramms erhöhen.

Es sind aber einige Regeln zu beachten:<sup>6</sup>

### 7. „Treffen“ der Punkte

Es ist nicht nötig, dass die Kurve überhaupt einen Messpunkt enthält und sogar völlig unnötig, dass sie in einem Endpunkt endet. Endpunkte sind oft weniger genau, weil sie entweder durch die Grenzen der Messinstrumente oder der Messmethode bedingt sind.

***Das einfache Verbinden der Messpunkte durch gerade Kurvenstücke nach Art einer „Fieberkurve“ ist (fast) immer unphysikalisch und sollte unterlassen werden.***

### 8. glatter Kurvenverlauf

In der überwiegenden Mehrheit der Fälle sind glatte Kurven zu erwarten (siehe Theorie des jeweiligen Experimentes), daher sollte die eingezeichnete Kurve glatt sein und nur wenige Wendepunkte haben.<sup>7</sup>

Ist die theoretisch erwartete Funktion mit entsprechenden freien Parametern bekannt (z. B. Gerade, Parabel, Exponentialfunktion, Sinuskurve, ...), so kann auch eine Anpassung dieser Funktion an die Daten durchgeführt werden. Die Fitfunktion mit den erhaltenen Anpassungsparametern ist jeweils mit anzugeben.

### 9. Nähe zu Messpunkten

Die Kurve sollte so nahe wie möglich an allen eingezeichneten Punkten (Messwerten)

<sup>5</sup>Die meist senkrecht gezeichnete Achse, auf der die abhängige (zweite) Koordinate eines Messpunktes abgetragen wird, heißt *Ordinatenachse*. Sie wird manchmal auch (etwas ungenau) als „y“-Achse bezeichnet.

<sup>6</sup>Leider werden nicht alle dieser Regeln standardmäßig von allen Programmen erfüllt, mit denen man Kurven zeichnen kann.

<sup>7</sup>Die häufig anzutreffenden „spline“-Fits sind Polynome höherer Ordnung, die zwar alle Punkte einigermaßen glatt verbinden, aber auch entsprechend viele Wendepunkte haben, sie „schlängeln“ sich quasi von Messpunkt zu Messpunkt. Der Verlauf ist ähnlich unphysikalisch wie bei einer „Fieberkurve“.

verlaufen. Ein guter Anhaltspunkt sind dabei die eingezeichneten Messunsicherheitsbalken.

#### 10. Lage der Kurve

Wird eine Kurve „frei Hand“ eingezeichnet, dann sollte etwa jeweils die Hälfte der Messpunkte oberhalb und unterhalb der Kurve liegen. Das gilt sinngemäß auch für Teilstücke der Kurve. Eine „frei Hand“-Kurve sollte weiterhin auch ausdrücklich als solche bezeichnet werden (z. B. „die durchgezogene Linie dient der Verdeutlichung“, im Englischen ist eine gängige Formulierung „*the line is just a guide to the eye*“).

#### B.3.3.2. Messunsicherheiten

Zur Auswertung eines wissenschaftlichen Experimentes gehört immer auch eine Messunsicherheitsanalyse bzw. -diskussion (siehe auch Anhang C auf Seite 747).

Nicht bei jedem Experiment ist es möglich, eine Messunsicherheit quantitativ anzugeben (z. B. beim Versuch Holographie). Auch in diesen Fällen sollte man sich aber Gedanken über mögliche Abweichungen des experimentellen Ergebnisses vom gewünschten oder erwarteten Resultat machen und diese im Praktikumsbericht schriftlich festhalten.

#### B.3.4. Fragen und Aufgaben

Die meisten Versuchsanleitungen zum Physikalischen Anfängerpraktikum enthalten zusätzlich zur eigentlichen Beschreibung des Versuches auch eine Reihe von Fragen und Aufgaben, die im Rahmen der Vor- oder Nachbereitung von jeder Praktikantin/jedem Praktikanten zu bearbeiten sind.

Kennzeichnen Sie die Antworten deutlich im Praktikumsbericht, und bearbeiten Sie die Aufgaben möglichst in der angegebenen Reihenfolge, um den Tutorinnen und Tutoren die Korrekturarbeit zu erleichtern.

Wenn Sie die eine oder andere Frage bereits im Grundlagenteil beantwortet haben, dann notieren Sie auch das bitte entsprechend, also z. B. „Frage 1: siehe Grundlagenteil“.

#### B.3.5. Literaturangaben

Die Wissenschaft, sie ist und bleibt  
was einer ab vom andren schreibt –  
doch trotzdem ist, ganz unbestritten,  
sie immer weiter fortgeschritten.

— EUGEN ROTH

Natürlich dürfen in wissenschaftlichen Texten die Erkenntnisse anderer Autoren verwendet werden. Es müssen dabei allerdings einige Regeln beachtet werden.

Wenn Sie im Praktikumsbericht Text oder Bilder aus Büchern oder anderen Veröffentlichungen inhaltlich oder wörtlich übernehmen, so müssen Sie diese Zitate jeweils als solche

kennzeichnen und Sie müssen die dazugehörige Quelle angeben. Dies kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, z. B. durch direkte Angabe der Quelle direkt an der Stelle der Verwendung im eigenen Text. Praktisch und üblich ist es, im Text jeweils ein eindeutiges Kürzel (z. B. eine Zahl, eine Kombination aus Buchstaben und Zahlen, o. dgl.) direkt beim Zitat einzufügen und am Ende des Textes ein Literaturverzeichnis, d. h. eine „Legende“ der Kürzel anzuhängen. Auf diese Weise bleibt der Text leicht lesbar und kompakt, da man z. B. die mehrfache Wiederholung langer Angaben vermeidet.

Im Literaturverzeichnis müssen die Angaben so ausführlich sein, dass ohne Mühe die jeweilige Quelle aufgefunden werden kann. Bei Büchern gehören hierzu z. B. der Autor, der Titel, die Auflage, das Erscheinungsjahr, der Verlag sowie ggf. die Seitenangabe, sofern sich der Verweis nicht auf das Buch als Ganzes bezieht. Falls bei diesen Angaben Zweifel bestehen sollten, lohnt sich ein Blick in die „Deutsche Nationalbibliografie online“, welche „Die Deutsche Bibliothek“ kostenlos zur Verfügung stellt [Biba, Bibb].

**Es genügt auf keinen Fall, einfach nur am Ende des Praktikumsberichtes alle irgendwo im Text verwendeten Quellen anzugeben!**

Hinweise zu Internetquellen:

- Bei Internetquellen ist die Angabe des Abrufzeitpunktes besonders wichtig. Problematisch ist, dass nie sicher ist, wie genau man diesen Zeitpunkt wissen muss. Manche Webseiten ändern sich sehr schnell.
- Selbst wenn man weiß, zu welchem Zeitpunkt eine Webseite die zitierte Information enthalten hat, ist es oft schwierig bis unmöglich, auf diesen Inhalt zuzugreifen.
- Ideal ist es, wenn Webserver alte Versionen archivieren und dauerhaft gültige Links dazu zur Verfügung stellen. Dies ist z. B. bei der Wikipedia durch den „Permanente Link“ erfüllt. Bitte immer diesen Link mit angeben.