

Hinweise zum Schreiben einer Ausarbeitung (Physikalisches Praktikum für Physiker)

Autor: M. Saß
Fakultät für Physik
Technische Universität München
24.11.14

Inhaltsverzeichnis

1	Struktur einer Ausarbeitung	2
1.1	Die Einleitung	2
1.2	Die Beschreibung der verwendeten Methoden	3
1.3	Das Experimentelle Vorgehen	3
1.4	Die Ergebnisse	3
1.5	Die Diskussion	3
1.6	Die Zusammenfassung	3
1.7	Der Anhang	4
1.8	Das Literaturverzeichnis	4
2	Was muss in die Ausarbeitung?	5
3	Was gilt es zu vermeiden?	5
4	Formattierungsfragen	6
4.1	Text und Überschriften	6
4.2	Formeln	6
4.3	Tabellen	6
4.4	Abbildungen	7
5	Was ist sonst zu beachten?	7

Machen Sie sich einmal die Mühe, eine vernünftig strukturierte Ausarbeitung als „Vorlage“ zu erstellen, die Sie dann durch das ganze Praktikum (evtl. sogar das Fortgeschrittenenpraktikum) verwenden können.

Formulieren Sie die Ausarbeitung in ganzen Sätzen. Eine Stichpunktsammlung mit Rechnungen ist nicht ausreichend. Die Länge der Ausarbeitung darf aber 10 Seiten nicht überschreiten. Was darüber hinaus geht, wird nicht gewertet!

1 Struktur einer Ausarbeitung

Der typische Aufbau einer wissenschaftlichen Arbeit besteht aus:

1. Einleitung
2. Beschreibung der verwendeten Methoden
3. Experimentelles Vorgehen
4. Ergebnisse (mit Betrachtung der Unsicherheiten)
5. Diskussion der Ergebnisse
6. Zusammenfassung
7. Anhang (wenn nötig)
8. Literaturverzeichnis

An diesem Aufbau sollten Sie sich orientieren, wenn Sie Ihre Ausarbeitung schreiben. Die Grenzen zwischen den einzelnen Bereichen können dabei durchaus variieren. Es kann zweckmäßig sein, einzelne Punkte zusammenzufassen (z.B. Methoden und experimentelles Vorgehen, Ergebnisse und Diskussion, Diskussion und Zusammenfassung).

Bei manchen Versuchen, bei denen verschiedene Methoden verwendet werden, lassen sich auch die Bereiche 2-5 für jede Methode einzeln ausführen.

Der Aufbau muss aber so sein, dass klar nachvollziehbar ist, was Sie gemacht haben, und welcher Teil der Ausarbeitung zu welchem Teil des Versuches gehört.

1.1 Die Einleitung

In der Einleitung soll die Idee des Versuches kurz wiedergegeben werden. Sie soll höchstens zwei bis drei Sätze umfassen, außer es werden darin die zu manchen Versuchen vorhandenen „Vorüberlegungen“ behandelt.

1.2 Die Beschreibung der verwendeten Methoden

Hier wird die verwendete Methode kurz skizziert. Dabei müssen die für die Auswertung wichtigen Formeln explizit angegeben werden. Die Beschreibung soll aber nicht so detailliert sein, wie die Versuchsanleitung, es ist sinnvoller, auf die Versuchsanleitung zu verweisen (s. Literaturverzeichnis). Allerdings müssen alle Größen, die gemessen oder verwendet werden, benannt sein.

Aus den hier angegebenen Formeln ergibt sich dann, welche Größen bestimmt werden müssen und damit direkt das experimentelle Vorgehen.

1.3 Das Experimentelle Vorgehen

In diesem Punkt wird beschrieben, wie tatsächlich gemessen wurde, z.B. wie viele Messungen gemacht wurden, oder mit welcher Apparatur und welchen Geräten Sie gemessen haben (falls vorhanden Gerätenummer, o.ä.).

1.4 Die Ergebnisse

Geben Sie Ihre Messergebnisse (nicht jedoch alle Einzelmessungen) mit Unsicherheiten an, und führen auf, welche Unsicherheiten berücksichtigt wurden, und welche nicht.

Stellen Sie Ihre Messdaten anschaulich in Graphen oder kurzen Tabellen dar, und beschreiben diese kurz.

Abschließend wird das aus den Messergebnissen gewonnene Endergebnis mit Unsicherheit angegeben.

Die ausführliche Fehlerrechnung und längere Zwischenrechnungen sind meist besser in einem Anhang als im Text aufgehoben.

1.5 Die Diskussion

Diskutieren Sie Ihr Ergebnis: Was sagt es aus? Ist es realistisch?

Falls dieselbe Größe auf unterschiedliche Arten bestimmt wurde, müssen die Ergebnisse vergleichend diskutiert werden.

Wenn möglich ist das Ergebnis mit Literaturwerten zu vergleichen (Zitate nicht vergessen!) Mögliche Gründe für eventuelle Abweichungen müssen angeführt werden.

1.6 Die Zusammenfassung

Fassen Sie die wichtigsten Punkte des Versuchs noch einmal zusammen.

1.7 Der Anhang

In einem Anhang kann all das dargestellt werden, was für den Textfluss der eigentlichen Ausarbeitung zu lang ist. Dies sind im Praktikum hauptsächlich längere Rechnungen, z.B. eine ausführliche Fehlerrechnung. Außerdem kann die Beantwortung der Fragen zu den Versuchen im Anhang erfolgen.

Die Rohdaten der Messungen können im Anhang (und nicht im Text) tabelliert werden. Dies ist hilfreich, wenn das Protokoll nur schwer lesbar ist (sollte eigentlich nicht vorkommen!), oder um die Versuche „komplett“ zu archivieren.

1.8 Das Literaturverzeichnis

Wenn Sie Informationen verwenden, die nicht von Ihnen selbst stammen, müssen Sie die Quelle zitieren. Im Praktikum wird man meist zumindest die Anleitung als Referenz angeben. Aber auch bei Literaturwerten, mit denen die gemessenen Werte verglichen werden, muss die Herkunft angegeben werden.

Die Referenz auf die vorliegenden Hinweise kann z.B. so aussehen:

1. M. Saß, „Hinweise zum Schreiben einer Ausarbeitung“, 24.11.14
Bezugsquelle:
<http://www.ph.tum.de/academics/org/labs/ap/org/AUS.pdf>

„Wikipedia“ ist zwar oft geeignet, sich schnell einen Überblick zu verschaffen, als Quellenangabe aber nicht anerkannt. Hier sollten Sie sich angewöhnen, andere Quellen zu suchen, z.B. Formelsammlungen, Lehrbücher, Veröffentlichungen, etc.

2 Was muss in die Ausarbeitung?

1. **Namen und Gruppennummer**
2. **Titel des Experiments**
3. **Datum der Durchführung**
(Das Datum der Ausarbeitung ist nur sinnvoll, wenn es nicht die erste Version ist)
4. **Inhaltsverzeichnis** (nicht zwingend, aber sinnvoll)
Es erleichtert (sowohl Ihnen als auch dem Korrektor) zu überprüfen, ob die Ausarbeitung vollständig ist und eine vernünftige Struktur hat.

Diese ersten vier Punkte können z.B. auf einer Titelseite zusammengefasst sein.

5. **Seitennummerierung**
6. **Experimentbeschreibung**
7. **Ergebnisse mit Unsicherheiten**
8. **Diskussion der Ergebnisse**
9. **Referenzen**

Die letzten vier Punkte betreffen die Struktur der Ausarbeitung (s. Abschnitt 1).

3 Was gilt es zu vermeiden?

1. Längere Messwerttabellen gehören (wenn überhaupt) nur in einen Anhang.
2. Längere Rechnungen oder Umformungen sollten im Anhang beigefügt werden. Dies gilt auch für eine *ausführliche* Fehlerrechnung.
3. Die Angabe von Ergebnissen mit zu vielen Stellen ist nicht nur unschön, sondern falsch.
Wert und Unsicherheit müssen die gleiche Genauigkeit haben. Die Angabe der Unsicherheit auf mehr als zwei signifikante Stellen ist im Normalfall nicht sinnvoll (Fausregel: ist die führende Ziffer der Unsicherheit eine 1 oder 2, werden zwei Stellen angegeben, sonst nur eine).
4. Offensichtlich falsche Ergebnisse dürfen nicht einfach so stehen gelassen werden. Meistens hilft ein nochmaliges Nachrechnen. Falls der Fehler auch dann nicht aufzufinden ist, muss das Ergebnis mindestens kommentiert werden (s. Diskussion).

Tabelle 1: Kenndaten des Stirlingmotors bei einer Heizleistung $P_h = 130 \pm 15$ W in Abhängigkeit von der Frequenz

Frequenz f (Hz)	Drehmoment M (Nm)	Leistung P_m (W)	Wirkungsgrad η (%)
$4,10 \pm 0,20$	$0,176 \pm 0,017$	$4,5 \pm 0,5$	$3,5 \pm 0,6$
$4,50 \pm 0,20$	$0,153 \pm 0,015$	$4,3 \pm 0,5$	$3,3 \pm 0,5$
$5,00 \pm 0,20$	$0,117 \pm 0,012$	$3,7 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,5$
$5,40 \pm 0,20$	$0,059 \pm 0,007$	$1,98 \pm 0,25$	$1,53 \pm 0,27$
$5,80 \pm 0,20$	$0,025 \pm 0,005$	$0,90 \pm 0,19$	$0,69 \pm 0,17$

4 Formattierungsfragen

4.1 Text und Überschriften

Wählen Sie eine gut lesbare Schriftgröße (10-12 pt), die Sie für den ganzen Text beibehalten.

Überschriften und Unterüberschriften sollen nummeriert, und ihrer Hierarchie entsprechend hervorgehoben werden (Größe, Fettdruck, etc.)

4.2 Formeln

Wichtige Formeln und Gleichungen werden in eigenen Zeilen gesetzt und nummeriert. So kann man später im Text darauf verweisen.

Dies ist ein Beispiel, wie man eine Formel in der Ausarbeitung setzt.

$$\frac{f}{a} + \frac{f'}{a'} = 1 \quad (1)$$

Die Gleichung (1) stellt die allgemeine Form der Linsengleichung dar.

4.3 Tabellen

Tabellen werden durchnummeriert, so kann im Text darauf verwiesen werden. Tabellen sollen mit einer Titelzeile und Spaltenüberschriften versehen sein. Daten werden entweder im Text oder in Tabellen gezeigt, aber nicht in beidem.

Tabelle 1 ist ein Beispiel, wie Tabellen formatiert werden können.

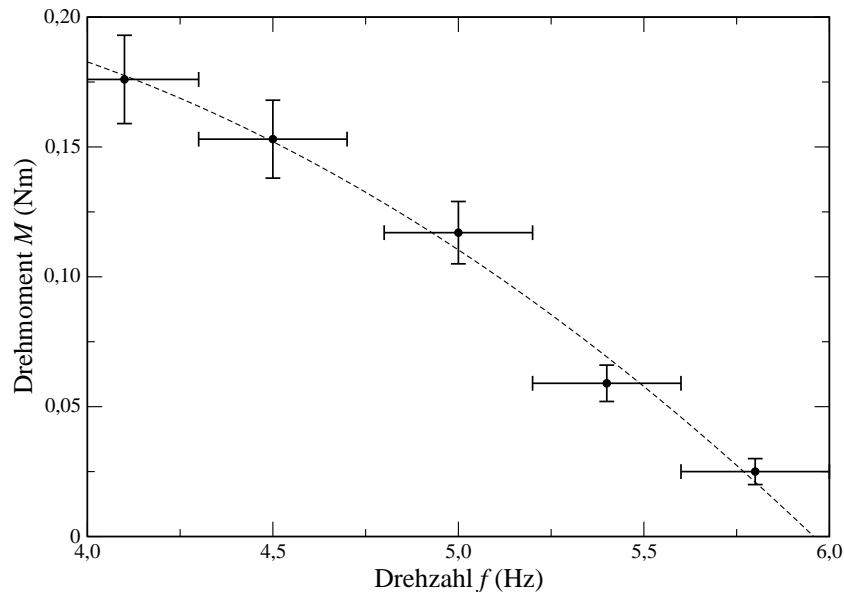


Abbildung 1: Frequenzabhängigkeit des Drehmoments der Stirlingmaschine. Die gestrichelte Linie dient der Augenführung

4.4 Abbildungen

Abbildung 1 ist ein Beispiel für die Formatierung einer Abbildung.

Abbildungen werden nummeriert und durch eine Bildunterschrift oder Legende kurz erläutert. Im Text muss Bezug auf die Abbildung genommen werden, dort werden die Abbildungen beschrieben (z.B. „In Abbildung 1 ist das Drehmoment des Motors gegen die Frequenz aufgetragen. Man beobachtet ...“).

Die Achsen eines Graphen müssen beschriftet sein (aufgetragene Größe mit Einheit). Zumindest einige Datenpunkte sollen mit Fehlerbalken versehen werden.

Die gezeigten Daten sollen die Fläche eines Graphen ausnutzen. Die Achsen dürfen über den Wertebereich der Daten nicht zu weit hinausgehen. Es ist nicht erforderlich, dass der Ursprung des Koordinatensystems immer in der Graphik sichtbar ist.

5 Was ist sonst zu beachten?

1. Alle Größen müssen mit Einheiten angegeben werden (es sei denn, sie sind dimensionslos).

Nach Möglichkeit sind SI-Einheiten zu verwenden (oder die im jeweiligen Fachgebiet übliche Nomenklatur). Die Einheit wird üblicherweise mit einem Leerzeichen von der Zahl abgesetzt und nicht kursiv gesetzt (z.B. 3,0 V).

2. Es sind geeignete „Vorsilben“ (μ , m, k, M, ...) zu verwenden (z.B. 3,0 mm, und nicht 0,0030 m).
3. Größe und Unsicherheit sind mit der gleichen Genauigkeit und Einheit anzugeben. (z.B. $(3,00 \pm 0,04)$ m, und nicht $3 \text{ m} \pm 4 \text{ cm}$).
Ist die führende Ziffer der Unsicherheit eine Eins oder Zwei wird die Unsicherheit auf zwei signifikante Stellen angegeben, sonst reicht auch eine Stelle.
4. Es ist üblich, in der Experimentbeschreibung eine personalisierte Formulierung zu vermeiden (Also: „Es wurde gemessen“ statt „Wir haben gemessen“)
5. Für Literaturwerte und sonstige Zitate aus anderen Quellen, müssen die Quellen angegeben werden. Üblicherweise stehen die Quellen in einem Literaturverzeichnis, im Text muss dann auf die entsprechende Literatur verwiesen werden.