

I. Aufbau wissenschaftlicher Arbeiten

Wissenschaftliche Arbeiten, wie z.B. Artikel in Fachzeitschriften, Forschungsberichte, Bachelor- bzw. Masterarbeiten, Dissertationen u.a., haben eine Struktur, die sie von anderen "literarischen Werken" grundsätzlich unterscheiden. So muss z.B. ein Kriminalroman von Anfang bis Ende gelesen werden, um seinen Inhalt zu verstehen. Das ist bei einem Forschungsbericht oder einer Dissertation nicht immer erforderlich, da sie in der Regel von Fachleuten für Fachleute geschrieben werden.

Oberster Grundsatz ist, theoretische Zusammenhänge und experimentelle Ergebnisse in einer Form darzustellen, die es dem fachkundigen Leser ermöglicht, ihn interessierende Details schnell aufzufinden und zu erfassen. Aus diesem Grund sind wissenschaftliche Arbeiten modular aufgebaut, d.h. die wissenschaftlichen Untersuchungen werden in Abschnitte untergliedert, die einerseits aufeinander aufbauen, andererseits jedoch relativ eigenständige Einheiten darstellen. Als sinnvolle Struktur hat sich die nachfolgende Gliederung bewährt, die in modifizierter Form in allen wissenschaftlichen Arbeiten wiederzuerkennen ist:

1. Am Anfang jeder Arbeit ist die **Aufgabenstellung**, die den Untersuchungen zugrunde liegt, zu beschreiben.
2. An diese schließt sich eine Darstellung der **Grundlagen** an, welche die wichtigsten theoretischen Zusammenhänge in Form von Formeln, Bildern und grafischen Darstellungen enthält.
3. Im Anschluss daran erfolgt die Beschreibung der verwendeten experimentellen Anordnungen und Vorgehensweisen bei der Bearbeitung einzelner Aufgaben in einem mit **Versuchsaufbau und Durchführung** betitelten Abschnitt.
4. Das gewonnene Untersuchungsmaterial wird im weiteren in Tabellen zusammengefasst und die daraus resultierenden Größen und grafischen Darstellungen unter der Überschrift **Messergebnisse und Auswertung** übersichtlich präsentiert.
5. Schließlich sind die ermittelten Messwerte auf ihre Qualität hin zu untersuchen sowie theoretischen Berechnungen und Literaturwerten gegenüber zu stellen. Dies erfolgt im Abschnitt **Fehlerbetrachtung und Diskussion der Ergebnisse**. Eine Abschätzung der Messunsicherheiten ermöglicht z.B. eine Antwort darauf, ob theoretische Aussagen trotz gewisser Abweichungen vom experimentellen Befund dennoch bestätigt werden können oder als widerlegt gelten müssen.
6. Da sich wissenschaftliche Untersuchungen in der Regel auf andere Arbeiten beziehen, sind alle zitierten Quellen am Ende der Arbeit aufzulisten. Hierzu dient der Abschnitt **Literatur**.
7. Um die Übersichtlichkeit einer wissenschaftlichen Arbeit zu fördern und die Geduld des Lesers nicht zu strapazieren, ist anzustreben, dass sie nur grundlegende Gedanken enthält. Andererseits erfordern Herleitungen und Rechenwege eine gewisse Ausführlichkeit. Für solche Fälle hat sich ein **Anhang** als zweckmäßig erwiesen. Unter dieser Überschrift können Nebenrechnungen ausführlich durchgeführt und zusätzliche Erläuterungen übersichtlich dargestellt werden, so dass in den Hauptabschnitten der Arbeit mit Verweisen auf diesen Anhang gearbeitet werden kann. Infolge dessen hat es schon Arbeiten gegeben, deren Anhang umfänglicher als ihr Hauptteil war.

Da es zur Arbeit eines Wissenschaftlers immer wieder gehört, seine Ergebnisse einem fachkundigen Publikum zu präsentieren, kann man nicht früh genug damit beginnen, sich die erläuterte Gliederung anzugewöhnen. Hierzu bietet die Anfertigung eines Praktikumsprotokolls beste Möglichkeiten.

II. Gliederung eines Praktikumsprotokolls

1. Deckblatt mit Aufgabenstellung (aus der Versuchsanleitung)
2. Grundlagen
3. Versuchsaufbau und Durchführung
4. Messergebnisse und Auswertung
5. Fehlerbetrachtung und Diskussion der Ergebnisse
6. Literatur
7. Anhang (falls erforderlich)

Die Hauptgliederungspunkte können durch weitere Unterabschnitte gegliedert werden.

Das Versuchsprotokoll wird von Studierenden im Nebenfach in einem karierten Buch mit Klebebindung angefertigt, welches vorzugsweise A4-Format hat. In diesem sind alle Versuche fortlaufend zu dokumentieren. Die vorzubereitenden Punkte 2 und 3 des Protokolls sollen kurz und übersichtlich sein, jedoch in eigenen Worten alles beschreiben, was zur Auswertung des Versuches benötigt wird. Den Schwerpunkt sollen die Abschnitte 4 und 5 bilden, die versuchsbegleitend im Rahmen des Praktikums ergänzt werden.

Studierende der Physik und Umweltnaturwissenschaft müssen die Protokolle spätestens einen Werktag vor dem nächsten Praktikumstermin einreichen. Bei einer mehrwöchigen Pause des Praktikums werden Abgabetermine individuell besprochen. Zur Abgabe stehen der Briefkasten des Physikalischen Grundpraktikums oder ein digitaler Abgabelink zur Verfügung. Digital erfasste Messdaten sind noch am Versuchstag elektronisch dem Physikalischen Grundpraktikum zur Verfügung zu stellen. Manuell erfasste Daten werden durch den Betreuer abgezeichnet. In jedem Fall müssen die originalen Messdaten im Protokoll (z.B. im Anhang) enthalten sein.

III. Deckblatt mit der Aufgabenstellung

Aus Gründen der Zeitersparnis wird empfohlen, für den 1. Gliederungspunkt das bereits vorhandene Deckblatt der betreffenden Versuchsanleitung zu nutzen, z.B.

Universität Greifswald
Institut für Physik



Versuch W8 - Wärmeleitung von Metallen

Name:

Mitarbeiter:

Gruppennummer:

lfd. Nummer:

Datum:

1. Aufgabenstellung

1.1. Versuchsziel

Bestimmen Sie die Wärmeleitfähigkeit eines Metallstabes.

Beschäftigen Sie sich mit folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion
- Wärmeleitungsgleichung, Fouriersche Ansatz
- Wiedemann - Franz - Gesetz

1.2. Messungen

- 1.2.1. Messen Sie bei einer Heizspannung von $U = 130 \text{ V}$ die Temperaturen an den vier vorgegebenen Messstellen des Metallstabes alle 10 Minuten..... usw.

IV. Gestaltung des Abschnitts "Grundlagen"

Im Abschnitt "Grundlagen" wird das theoretische "Handwerkszeug", d.h. die wichtigsten Zusammenhänge und Beziehungen, die für das betreffende Experiment von wesentlicher Bedeutung sind, kurz dargestellt. Bezüglich tiefergehender Erläuterungen sollte von der Möglichkeit der Quellenangaben (Literatur) und Ausführungen im Anhang Gebrauch gemacht werden. Auf jeden Fall müssen diejenigen Formeln enthalten sein, die den Berechnungen im Abschnitt "Messergebnisse und Auswertung" zugrunde liegen.

Formeln sind in den Fluss der Erläuterungen einzubinden, jedoch vom Text in separaten Zeilen abzusetzen und rechtsseitig zu nummerieren, wie z.B.

$$T = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + m \cdot d^2}{m \cdot g \cdot d}} \quad (4)$$

Alle in einer Formel auftretenden Symbole müssen entweder im Text oder der Formel nachgeordnet erläutert werden, z.B. (T - Schwingungsdauer, m - Masse usw.) Abbildungen und grafische Darstellungen sind jeweils mit einer nummerierten Unterschrift auszustatten, während Tabellen nummerierte Überschriften erhalten z.B.

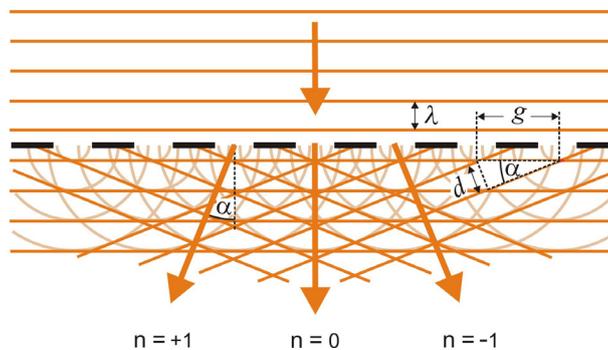


Abb. 2 Entstehung von Wellenfronten unterschiedlicher Ausbreitungsrichtung.

V. Abschnitt "Versuchsaufbau und Durchführung"

In diesem Abschnitt wird das experimentelle "Handwerkszeug", d.h. die für den Versuch erforderlichen Gerätschaften und der Gesamtaufbau mit seinen Einzelfunktionen beschrieben. Dies sollte mittels einer Abbildung geschehen, in der alle wichtigen Komponenten gekennzeichnet und benannt sind, z.B.

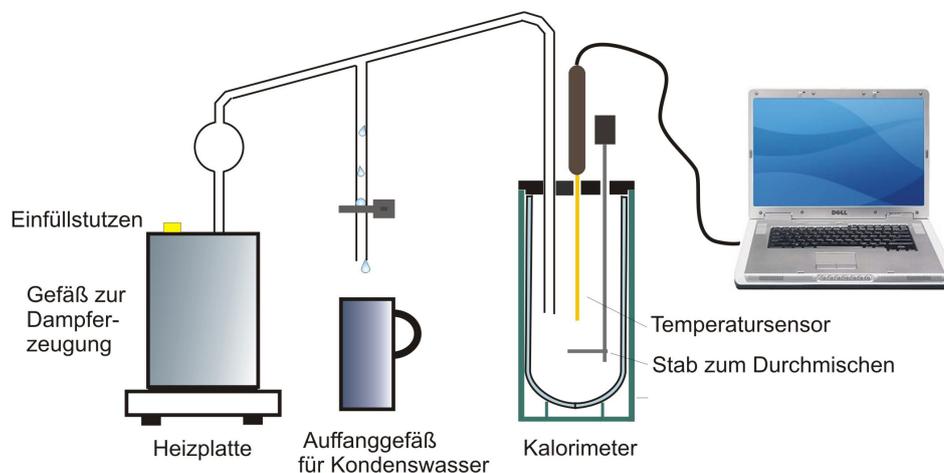


Abb. 3 Experimentelle Anordnung.

Ist die Beschreibung der experimentellen Anordnung erfolgt, wird auf den Ablauf des Versuches und auf alle dabei zu beachtenden Besonderheiten eingegangen. Bei der Beschreibung der Durchführung sollte man sich davon leiten lassen, dass eine andere Person in die Lage versetzt wird, das Experiment nachzuvollziehen und dieses selbst durchzuführen. Eventuell ist es sinnvoll, den Abschnitt in zwei Teilabschnitte, z.B. "3.1. Experimentelle Anordnung" und "3.2. Vorgehensweise zur Durchführung des Experimentes", zu unterteilen.

Einige Messtechnische Grundbegriffe

- Messgröße (z.B. Länge, Zeit, Kraft, ...)
- Messgegenstand (z.B. Probe, Prüfling, ...)
- Messanzeige (z.B. Zeigerstand, Ziffern einer Digitalanzeige, ...)
- Messbereich (Teil eines Anzeigebereiches mit garantierter Messunsicherheit)
- Messwert (Anzeigewert und Maßeinheit für eine Messgröße, z.B. 35 mA)
- Messergebnis (evtl. erst nach einer Berechnung resultierendes Ergebnis)
- Messunsicherheit, Messabweichung, Messfehler (Maß für zufällige und systematische Abweichungen vom "wahren Wert" der Messgröße)
- Messempfindlichkeit ($E = \Delta a / \Delta m$, Quotient aus Änderung der Messanzeige Δa und Änderung der Messgröße)

VI. Abschnitt "Messergebnisse und Auswertung"

Dieser Abschnitt dient zur Darstellung und Auswertung der gewonnenen Messdaten. Diese werden zunächst in nummerierten Tabellen erfasst, z.B.

Tab. 1 Flächeninhalt A aus Messdaten von Länge a und Breite b .

Lfd. Nr.	a_i / mm	b_i / mm	$A = a_i \cdot b_i / \text{mm}^2$
1			
2			
3			

Aus dem aufgenommenen Messdaten werden die für das Experiment maßgebenden physikalischen Größen ermittelt. Dabei ist auf die jeweils zugrunde liegende Formel des Abschnitts "Grundlagen" und eventuelle Nebenrechnungen im "Anhang" hinzuweisen.

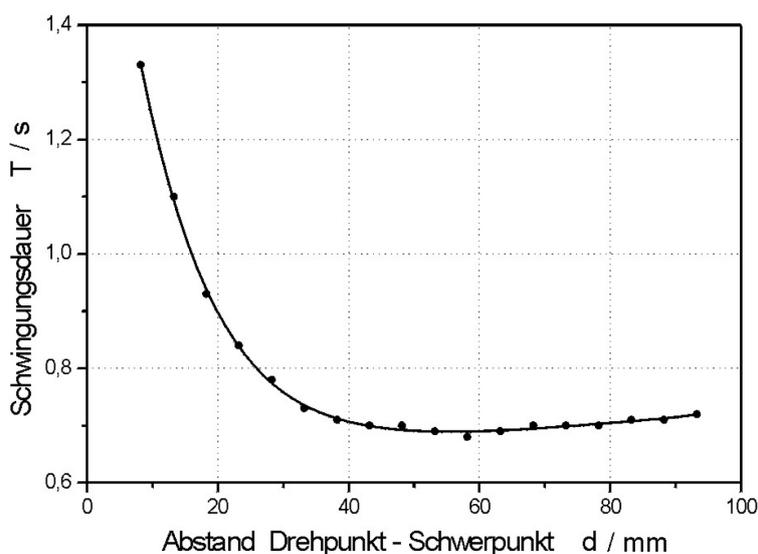


Abb. 4 Abhängigkeit der Schwingungsdauer T von der Pendellänge d .

Wichtige Hinweise zur Erarbeitung grafischer Darstellungen

- möglich sind Computerausdrucke (z.B. mit Microsoft Excel) oder von Hand auf Millimeterpapier angefertigte Darstellungen, die in das Protokoll eingeklebt werden
- erforderlich ist Beschriftung der Koordinatenachsen mit physikalischer Größe / Maßeinheit
- einzelne Messpunkte deutlich setzen und wenn nicht mit PC-Programm erstellt, Ausgleichskurven mit Kurvenlineal zeichnen, *Messpunkte niemals miteinander verbinden!*
- bei mehreren Kurven im Diagramm verschiedene Symbole für Messpunkte wählen
- bei ausreichendem Platz kann eine Legende in das Diagramm gesetzt werden

VII. Abschnitt "Fehlerbetrachtung und Diskussion der Ergebnisse"

Dieser Abschnitt dient zur Beurteilung der Qualität der ermittelten Ergebnisse. Hierzu ist zunächst eine Betrachtung der Messunsicherheiten (Messfehler) durchzuführen.

Drei wesentliche Schritte der Fehlerbetrachtung:

- die zugrunde liegende Formel daraufhin untersuchen, von welchen Einzelmessgrößen die zu bestimmende Messgröße abhängt
- quantitative Abschätzung der Messunsicherheit jeder Einzelmessgröße, hierzu sind im Fall von systematischen Messabweichungen Angaben der Gerätehersteller zu nutzen oder eigene plausible Schätzungen vorzunehmen
- Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf die konkrete Beziehung (Formel), d.h. Ermittlung der partiellen Ableitungen und Berechnung der absoluten Unsicherheit der betreffenden Messgröße unter Berücksichtigung der zuvor abgeschätzten Einzelmessfehler

Erst die Kenntnis sowohl des Messwertes (Schätzwert) X_{mess} als auch seiner Unsicherheit ΔX_{mess} erlaubt die Angabe des Unsicherheitsintervalls $(X_{mess} - \Delta X_{mess}) < X_{wahr} < (X_{mess} + \Delta X_{mess})$, in dem der wahre Wert X_{wahr} zu erwarten ist. Das Ergebnis der Messfehleranalyse wäre jedoch erst durch eine weitere Angabe vollständig, nämlich die über die statistische Sicherheit.

Die statistische Sicherheit, dass der wahre Wert in das berechnete Unsicherheitsintervall fällt, ist bestimmbar, wenn ausschließlich zufällige Messunsicherheiten vorliegen. Im Fall einer Gaußschen Normalverteilung, bei der das Unsicherheitsintervall der empirischen Standardabweichung des Mittelwertes entspricht, folgt, dass der wahre Wert in das Unsicherheitsintervall mit einer statistischen Sicherheit von ca. 68% fällt (doppeltes Intervall ca. 95%).

Eine derartig klare Aussage ist dann, wenn systematische Messunsicherheiten ins Spiel kommen, nicht mehr ohne weiteres möglich. Sind jedoch die Einzelmessgrößen, aus denen sich die gesuchte Messgröße berechnet, statistisch unabhängig, können die bekannten statistischen Sicherheiten der Gaußschen Normalverteilung als Richtwerte beibehalten werden.

Wie werden Messergebnisse diskutiert?

Erst mit Kenntnis des Unsicherheitsintervalls kann das eigene Messergebnis in Bezug auf einen bereits bekannten Literatur- oder theoretisch berechneten Wert diskutiert werden. Das bedeutet z.B., dass geprüft wird, ob dieser zuvor bekannte Wert in das aus der eigenen Messung ermittelte Unsicherheitsintervall fällt. In diesem Fall wären das eigene Messergebnis mit der Literaturangabe bzw. den theoretischen Berechnungen kompatibel (verträglich).

Da jedes Messergebnis im Grunde genommen aus der Angabe des durch die Messung geschätzten Wertes (Schätzwertes) und der ermittelten Messunsicherheit besteht, müsste dies auch allen Literaturangaben zu entnehmen sein. Grundsätzlich müssen immer die Unsicherheitsintervalle gegenübergestellt werden. Die Ergebnisse von zwei unterschiedlichen, unabhängigen Messungen sind dann miteinander verträglich, wenn die verglichenen Unsicherheitsintervalle zumindest eine gemeinsame Schnittmenge aufweisen.

VIII. Quellenangaben (Literatur)

Die Quellenangaben werden im laufenden Text nummeriert in eckigen Klammern angegeben, wie z.B. [3]. Der entsprechend Bezug wird dann im Abschnitt "Literatur" hergestellt. Zu beachten ist, dass sich Internetquellen stetig verändern können. Neben dem Titel und der URL sind daher auch immer das Zugriffsdatum anzugeben.

- [1] Ulrich Haas: Physik für Pharmazeuten und Mediziner. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- [2] Ilberg (Autorenkollektiv): Physikalisches Praktikum. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig/Stuttgart
- [3] Walcher: Praktikum der Physik. Teubner Studienbücher, Teubner Verlag, Stuttgart
- [4] Becker, Jodl: Physikalisches Praktikum für Ingenieure und Naturwissenschaftler. VDI-Verlag, Düsseldorf
- [5] Kohlrausch: Praktische Physik. Bd. 1, 2, 3 Standard-Nachschlagewerk (Bd. 3 – Tabellen)

Was enthält der Anhang?

Der Anhang einer wissenschaftlichen Arbeit kann als zusätzliche Quelle aufgefasst werden, in der zusätzliche Informationen aufgelistet werden können, die für die Arbeit von Bedeutung sind und auf die im Text Bezug genommen werden kann. Dadurch wird verhindert, dass der Primärtext nicht unnötig "aufgebläht" wird und für den Leser überschaubar bleibt. So ist es sinnvoll, im Anhang z.B. ausführliche Nebenrechnungen, zusätzliches Datenmaterial oder detaillierte Ausführungen abzulegen.