



INGENIEUR-
SCHULE
HTL CHUR

Hermann Knoll

Physikalisches Praktikum

Abteilung Telecom

ver. 2.0/ 15.1.1998

Ringstrasse
CH-7004 Chur
Telefon 081 286 24 24
Telefax 081 286 24 00

Lernziel

Kenntnis von Messverfahren für verschiedene physikalische Grössen.

Fähigkeit zur Bewertung von Messungen, insbesondere in Hinblick auf die Genauigkeit der Messwerte (Fehlerrechnung, Fehlerbeurteilung).

Fähigkeit, aus den Messdaten Zusammenhänge zwischen verschiedenen physikalischen Grössen zu erkennen und diese Zusammenhänge auch graphisch darzustellen.

Organisation

Semester	Dauer	Schwerpunkt
2.	5 × 4 Lektionen	Messen, Beobachten
3.	7 × 4 Lektionen	Einfache Zusammenhänge darstellen
4.	6 × 4 Lektionen	Umfangreichere Arbeiten (je 2 Praktikumstage)

Vorbereitung

Die erfolgreiche Durchführung eines Praktikums erfordert eine eingehende Vorbereitung, in der sich der Student mit den theoretischen Grundlagen zum Praktikumsexperiment vertraut macht. Ebenso ist es wichtig, sich schon vorher mit den Messgeräten, den zu messenden Grössen und der Genauigkeit der Messung auseinanderzusetzen. Zur Vorbereitung wird auf die einschlägige Literatur (Lehrbücher, Praktikumsbücher, s. Bibliographie) verwiesen, welche in der Bibliothek vorhanden ist. Gegebenenfalls muss auch spezielle Literatur verwendet werden, auf welche beim Praktikumsversuch hingewiesen wird.

Durchführung

In der Regel befinden sich die zur Durchführung des Experiments nötigen Geräte am Arbeitsplatz im Praktikumsraum. Allgemeine Messgeräte, Stativmaterial und Hilfsmittel sind in den Wandschränken und im Vorbereitungszimmer zu finden. Was nicht auf dem Arbeitsplatz vorgefunden wird, muss am Ende des Praktikums wieder am regulären Standort versorgt werden. Eine Liste in der Experimentieranleitung gibt einen Überblick über die nötigen Geräte. Sollten während des Experiments Schäden oder Fehler an Geräten zum Vorschein kommen, müssen sie der Praktikumsleitung sofort gemeldet werden.

Beim Aufbau soll man sich zunächst einmal mit den Einzelteilen vertraut machen und ihre Funktion im Praktikumsexperiment überlegen. Erst dann wird man die Versuchsanordnung zusammensetzen. Erst denken, dann handeln! Dies gilt insbesondere für elektrische Schaltungen. Dazu wird man sich immer zuerst ein Schaltbild zeichnen. Vor dem Anschluss an die Stromquellen müssen elektrische Schaltungen von der Praktikumsbetreuung überprüft werden. Wer ohne diese Überprüfung elektrische Schaltungen in Betrieb nimmt, haftet für einen eventuell daraus entstandenen Schaden. Andererseits braucht aber auch niemand Angst zu haben, beim Auftreten von Schäden zur Kasse gebeten zu werden. Wenn nicht mutwillig oder grob fahrlässig gehandelt wird, ist mit keinen finanziellen Folgen zu rechnen. Verursacht jemand einen Schaden, soll er ihn sofort melden und nicht versuchen, ihn zu vertuschen oder "unsichtbar" zu machen.

Beim Aufbau der Versuchsanordnung soll darauf geachtet werden, dass die Geräte so aufgestellt sind, dass sie auch bequem bedient werden können, und die Messinstrumente sollen ohne Körperverletzungen abgelesen werden können.

Protokoll

Im Protokoll wird die Versuchsausführung dokumentarisch festgehalten. Es muss daher sofort endgültig niedergeschrieben werden. Ein Festhalten der Versuchsdaten auf Zetteln und ein nachträgliches "Zusammenbasteln" eines Protokolls ist unstatthaft, denn das Protokoll muss die unmittelbare und primäre Reaktion auf den Versuch festhalten. Es darf nicht durch einen "Erwartungsfilter" von überraschenden oder schwer akzeptierbaren Ergebnissen gereinigt werden. Deshalb muss bereits vor Beginn des Versuchs überlegt werden, welche Messwerte zu erfassen sind und welche Berechnungen gemacht werden müssen. Dem entsprechend können geeignete Tabellen vor-

bereitet und eine Strukturierung des Protokolls vorgenommen werden. Die Aufzeichnungen im Protokoll sollen kurz und klar erfolgen. Das Protokoll ist kein literarischer Text. Selbstverständlich können Messdaten auch direkt in den Computer in vorbereitete Tabellen eingegeben bzw. mit dem Computer aufgezeichnet werden. Die begleitenden Texte können auch von hand geschrieben werden.

Zur Strukturierung des Protokolls einige Tips:

1. **Kopf:** Datum, Versuchsthema, Fragestellung des Versuchs, Versuchsziel.
2. **Grundlagen:** knappe Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen des Experiments, insbesondere Angabe der relevanten Formeln (numerieren), kurze Beschreibung der Messmethode.
3. **Versuchsaufbau:** Aufbauplan, Schaltskizze, Strahlengang mit Kommentar; Angabe der verwendeten Geräte (Messgenauigkeit, Apparatenummer, Inventarnummer)
4. **Versuchsdurchführung:** wesentliche Arbeitsschritte, Angaben zur Justierung, Messreihen in Tabellenform, Einstellung der Geräte (z.B. bei Vielfachmessgeräten)

Im Protokoll werden Eintragungen nie ausradiert oder sonstwie unkenntlich gemacht. Vermeintlich falsche Aufzeichnungen werden vielmehr so durchgestrichen, dass sie weiterhin lesbar bleiben. Sie werden mit einem Kommentar versehen, der den Leser über den Grund des Irrtums aufklärt. Nachträgliche Eintragungen ins Protokoll sind als solche zu kennzeichnen.

Auswertung

Oft sind es nicht die Messdaten (ev. als Mittelwerte von Messreihen) als die zu bestimmenden Grössen gefordert. Die gesuchten Grössen müssen dann mittels geeigneter Formeln berechnet werden. Zur Berechnung eignen sich in vielen Fällen Tabellenkalkulationsprogramme (z.B. Excel), welche meist mit hinreichender Genauigkeit rechnen. Mit solchen Programmen können ganze Messreihen in einem Zug durchgerechnet werden. Oft ist mit der Tabellenkalkulation auch ein Grafikpaket verknüpft, sodass gleichzeitig mit dem Computer eine graphische Darstellung der Messergebnisse durchgeführt werden kann. Man erspart sich in diesem Fall das manuelle Übertragen der Messdaten auf Millimeterpapier. Je nach Zusammenhang der darzustellenden Grössen kann auch der Gebrauch einer logarithmischen Skala vorteilhaft sein (logarithmisches Papier, logarithmische Darstellung im Grafikprogramm). Bei der graphische Darstellung von Messwerten soll die Einheit möglichst so gewählt werden, dass die Zeichengenauigkeit etwa der Messgenauigkeit entspricht. Die Achsen werden mit der physikalischen Grösse und der dazugehörigen Einheit bezeichnet. Zur Auswertung eines Experiments gehört natürlich auch die Fehlerabschätzung (Abweichung vom Mittelwert, absolut, prozentuell).

Erfolgskontrolle / Beurteilung

Um ein Experiment erfolgreich zu beenden, müssen die Messergebnisse innerhalb einer je nach Experiment festgelegten Toleranzgrenze liegen, das Protokoll muss korrekt geführt sein und die Auswertung inklusive der geforderten graphischen Darstellungen muss richtig und sauber erfolgt sein. Bewertet wird ebenfalls die Vorbereitung der zum Experiment gehörenden physikalischen Theorien.

Semester	Kriterien	Notengewicht
2.	Genauigkeit der Messungen, Fehlerbehandlung und -beurteilung, Präzision der Beobachtungen, Protokollführung	0.5
3.	Aufbau und Durchführung des Experiments, Protokollführung, Auswertung der Messergebnisse, Darstellung der Zusammenhänge, Fehlerbeurteilung	1
4.	Aufbau und Durchführung des Experiments, Protokollführung, Auswertung der Messergebnisse, Darstellung der Zusammenhänge, Fehlerbeurteilung	1

Fehlerbeurteilung

Die Messung einer physikalischen Grösse bedeutet den Vergleich mit einer Masseinheit derselben Grösse. Es liegt in der Natur des Vergleichens, dass dabei Fehler auftreten. Dabei ist zwischen den systematischen und den zufälligen Fehlern zu unterscheiden.

Systematischer Fehler

Ein systematischer Fehler liegt vor, wenn z.B. die bei den Messungen verwendeten Messgeräte falsch geeicht sind, wenn also der Fehler dem Praktikumsexperiment immanent anhaftet. Systematische Fehler verfälschen das Messergebnis immer in derselben Richtung. Systematische Fehler sind schwer zu erkennen.

Zufällige oder statistische Fehler

Auch bei vollständiger Ausschaltung systematischer Fehler wird die mehrmalige Messung einer Grösse niemals genau übereinstimmende Ergebnisse liefern. So können solche Fehler dadurch zustande kommen, dass z.B. bei einer Messerie der Masstab nicht jedesmal mit der Nullmarke genau im selben Punkt angelegt wird. Aber auch das Problem, dass der Zeiger nicht genau auf einen Teilstrich der Skala zeigt, liefert beim Ablesen, wenn man sich für das Auf- oder Abrunden entscheiden muss, einen statistischen Fehler. Auch unkontrollierbare Einflüsse wie Temperaturschwankungen während des Experiments oder mechanische Erschütterungen sind Ursachen eines solchen Fehlers. Während sich systematische Fehler kaum eliminieren lassen, können zufällige Fehler durch mehrfache Messungen ausgeschaltet werden.

Messreihen

Wird eine Messreihe mit n voneinander unabhängigen Messwerten $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ aufgenommen, so gilt als Ergebnis der Mittelwert aus den n Einzelwerten.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Messung dient die Standardabweichung σ_x .

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Das Ergebnis der Messreihe wird in der Form $x = \bar{x} \pm \sigma_x$ angegeben.

σ_x heisst auch der absolute Fehler des Messwertes x . Den relativen oder prozentualen Fehler von x kann man mit $\frac{\sigma_x}{\bar{x}}$ angeben.

Regression und Korrelation

Oft besteht ein linearer Zusammenhang zwischen zwei Grössen. Die Ausgleichsgerade kann mit den Mitteln der Linearen Regression berechnet werden. Besteht eine Vermutung für einen linearen Zusammenhang, kann auch der Korrelationskoeffizient berechnet werden.

Literatur: Metzler Physik, S. 28 f.
Walcher, Praktikum der Physik, S. 24 ff.
Westphal, Physikalisches Praktikum, S. 7 ff.
Knoll, Mathematik, Telecom 1. Studienjahr