

## **I. Einleitung**

Die Vorlesung Experimentalphysik ist in vier aufeinanderfolgende Teile gegliedert. Dabei deckt jedes Semester ein in sich abgeschlossenes, jedoch an Vorkenntnisse anknüpfendes Teilgebiet der Experimentalphysik ab. Die erste Vorlesung Experimentalphysik beginnt jeweils im Wintersemester und wird jährlich wiederholt. Die Aufteilung ist folgende:

Experimentalphysik I: Mechanik, Wärmelehre und Thermodynamik

Experimentalphysik II: Elektromagnetismus, Relativitätstheorie

Experimentalphysik III: Optik und Wellenlehre

Experimentalphysik IV: Atom- und Molekülphysik

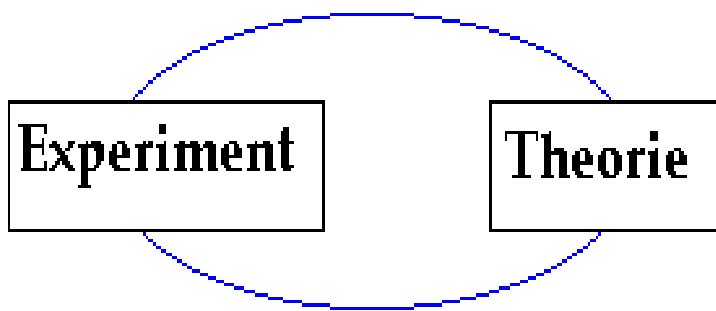
Voraussetzung zur Zulassung zum Vordiplom sind unter anderen mindestens zwei Übungsscheine, die beliebig in Experimentalphysik I - IV zu erlangen sind. Ferner werden in den Semesterferien zwei Anfängerpraktika durchgeführt, in denen das in den Vorlesungen erworbene Wissen praktisch umgesetzt werden soll.

Um einen Einstieg in die Physik zu finden, wollen wir zunächst einmal fragen, was genau Physik ist. Also:

### **Was ist Physik?**

Ursprünglich bedeutet das Wort Physik *Lehre von der Natur*. Im Laufe der letzten Jahrhunderte haben sich von dieser Lehre der Natur verschiedenen Spezialgebiete abgekoppelt und sich zu eigenen Wissenschaften entwickelt. Dies sind z.B. die Biologie, die sich mit der belebten Natur befasst, die Astronomie, welche die physikalischen Vorgänge im Kosmos untersucht und die Chemie, welche die stofflichen Veränderungen in Körpern, d.h. die Reaktionen der Atome und Moleküle betrachtet.

Definieren wir Physik jetzt als den nicht durch Spezialwissenschaften abgedeckten Bereich, so bleibt für die Physik die Aufgabe, Grundgesetze der unbelebten Welt aufzustellen und für andere Wissenschaften zur Verfügung zu stellen. Um Grundgesetze aufzustellen bedient die Physik sich stets des gleichen Systems. Hierbei werden Beobachtungen gemacht, Grundlagen herausgearbeitet und Vorhersagen gemacht. Die so erstellte Theorie wird im Experiment



überprüft, es werden neue Experimente mit verbesserten Methoden und überarbeiteten Vorhersagen durchgeführt, bis die Theorie falsifiziert wird, oder neue Phänomene

beobachtet werden. Diese Ergebnisse führen dann zu einer Korrektur oder zu einer Erweiterung der Theorie.

In den letzten Jahrzehnten wurden dabei die Experimente immer aufwendiger und teurer. Ein wichtiges Forschungsgebiet ist heute die Teilchenphysik, deren Vertreter sich bemühen, mit immer mehr Energie immer kleinere Grundbausteine unserer Welt zu entdecken und zu studieren. Dabei steigt die benötigte Energie um Teilchen zu erzeugen nicht proportional zu den jeweils größeren Teilchen, was enormen experimentellen Aufwand zur Folge hat. Eine genaue Theorie über die Atom- und Molekularphysik wird im vierten Teil der Vorlesungen vermittelt. Im Anhang ist eine Tabelle (Abbildung I.1) abgedruckt, die eindrucksvoll zeigt, mit welchen Energien gearbeitet wird, und welche Ergebnisse damit in den letzten Jahrzehnten erzielt werden konnten.

### I.1 Physikalische Größen und ihre Einheiten

Grundlage der Physik ist seit Galilei die Definition von physikalischen Größen. Eine physikalische Größe  $G$  ist definiert als Produkt aus Maßzahl  $\{G\}$  und Maßeinheit  $[G]$ , wobei letztere gelegentlich auch Dimension genannt wird.

**Definition I.1** physikalische Größe = { Maßzahl } • [Maßeinheit]

Bei jeder Messung oder physikalischen Aussage über Größen müssen Maßzahl und Dimension angegeben werden. Als Beispiel betrachten wir die Länge eines Stabes  $L$ . Sie betrage drei Meter. Die korrekte Angabe der physikalischen Größe lautet dann:

$$\{\text{Maßzahl der Länge}\} = 3$$

$$[\text{Maßeinheit der Länge}] = \text{m}$$

Also, Länge des Stabes  $L = 3\text{m}$ .

Eine Messung wird stets mit Messwert und Messfehler angegeben. Messfehler können z.B. abweichende Messungen oder unzureichende Auflösungen des Messinstrumentes sein. Allgemein teilt man die Fehler in statistische und systematische Fehler ein. Statistische Fehler, auch zufällige Fehler genannt, können durch Mittelwertbildung beliebig vieler Werte immer weiter verringert werden, systematische Fehler können ohne Veränderung des Versuchsaufbaus nicht verringert werden. Eine genauere Behandlung der Fehler wird im Praktikum durchgeführt. Zunächst definieren wir eine Messung

**Definition I.2: { Maßzahl} = Messwert  $\pm$  Messfehler**

Wie bei diesem Beispiel bereits genutzt, gibt es festgelegte Maßeinheiten. Diese gelten international und sollen Vergleiche von Messwerten gewährleisten. Die Einheiten sind mit Buchstaben abgekürzt, um sprachenunabhängig verständlich zu sein. Eine dieser Abkürzungen, m für Meter, haben wir oben bereits eingeführt.

In dem 1948 eingeführten *Systeme International d' Unites*, abgekürzt **SI - System** genannt, gibt es sieben Grundeinheiten. Auf diese sieben Einheiten lassen sich alle anderen Einheiten zurückführen. Diese Grundeinheiten lauten:

| Physikal. Größe    | Einheit   | Zeichen    | relative Vergleichs-<br>Unsicherheit |
|--------------------|-----------|------------|--------------------------------------|
| Länge              | Meter     | <b>m</b>   | $10^{-4}$                            |
| Masse              | Kilogramm | <b>kg</b>  | $10^{-9}$                            |
| Zeit               | Sekunde   | <b>s</b>   | $10^{-14}$                           |
| elektrischer Strom | Ampere    | <b>A</b>   | $10^{-6}$                            |
| Temperatur         | Kelvin    | <b>K</b>   | $10^{-6}$                            |
| Substanzmenge      | Mol       | <b>mol</b> | $10^{-6}$                            |
| Lichtstärke        | Candela   | <b>cd</b>  | $5 \cdot 10^{-3}$                    |

Tabelle I.1: Einheiten des SI

Für die Mechanik benötigt man nur die ersten drei Einheiten, also Länge, Masse und Zeit. Das bedeutet, dass alle anderen Größen auf diese elementaren Größen zurückzuführen sind. Analog sind die Einheiten der abgeleiteten Größen auch nur in Kombinationen von m, kg und s

anzugeben. Um häufig benutzte Größen nicht immer mit abgeleiteten Einheiten darstellen zu müssen, wurden zuzüglich zu diesen sieben Einheiten achtzehn weitere Einheiten definiert und mit einem eigenen Zeichen eingeführt. Alle anderen Größen werden mit zusammengesetzten Maßeinheiten angegeben. Um an dieser Stelle nichts vorweg zu nehmen, befindet sich die Tabelle mit allen in der Vorlesung erarbeiteten Einheiten im Anhang.

Die oben aufgeführten Basiseinheiten müssen fest definiert und reproduzierbar sein. Zu diesem Zweck bemühen Physiker sich stets, die Messfehler der zugrunde liegenden Definition zu verringern. Die Technik hat es in den letzten Jahrzehnten dabei ermöglicht, wichtige Basisgrößen und Naturkonstanten immer exakter zu messen. Als Beispiel für die fortschreitende Genauigkeit in der Definition betrachten wir die Einheit *Meter*:

Das Meter war bis zum Jahre 1799 als der 10 000 000ste Teil des Erdumfanges definiert worden. Der Erdumfang jedoch war nur sehr ungenau und sehr mühsam reproduzierbar zu messen. Aus diesem Grund definierte man dann 1799 einen Platin-Iridium-Stab zum Archimeter. Die Länge des Stabes wurde noch nach der Definition über den Erdumfang festgelegt, war dann aber das *Urmeter*. Seit 1960 hat dieses Urmeter nur noch geschichtlichen Wert. Dieser Stab genügte den Anforderungen der modernen Naturwissenschaften nicht mehr, so dass eine neue Definition eingeführt wurde. Seit 1960 wurde das Meter definiert über die Vakuum- Wellenlänge, die ein festgelegtes Nuklid bei einem bestimmten Übergang aussendet. Seit 1983 erst steht die heute gültige Definition des Meters über die Lichtgeschwindigkeit  $c$ .

**Definition I.3: 1 Meter ist der Weg, den Licht im Vakuum in  
1 / 299 792 458 Sekunden zurücklegt.**

Das Kilogramm ist noch über ein Urkilogramm, welches in Paris liegt, definiert.

Die Sekunde ist definiert über die Schwingungsdauer bestimmter Lichtwellen, die von Cs - 133 ausgesandt werden.

Allgemein ersetzen sogenannte Quantennormale immer häufiger Prototype und klassische Normale wie das Urkilogramm. Eine Tabelle im Anhang zeigt die Definitionen der einzelnen SI-Basiseinheiten.