

Ablauf eines Experiments

Ein physikalisches Experiment verläuft in drei Schritten:

- 1 **Vorbereiten des Experiments.** Hierzu gehören Überlegungen über die anzuwendenden Gesetze, die zu verändernden und konstant zu haltenden Größen, die Messgrößen und Messgeräte sowie die Planung der Experimentieranordnung. Mögliche Fehlerquellen und Anforderungen an die Präzision der Messungen sollten bereits bei der Vorbereitung des Experiments bedacht werden.
- 2 **Durchführen des Experiments.** Die Experimentieranordnung wird wie geplant aufgebaut. Die Beobachtungen und Messungen werden durchgeführt und protokolliert. Messwerte physikalischer Größen erfasst man häufig in einer Messwertetabelle.
- 3 **Auswerten des Experiments.** Mit Bezug auf die Aufgabenstellung für das Experiment wird ein Ergebnis formuliert. Häufig werden dazu Diagramme angefertigt und Berechnungen durchgeführt. Die Genauigkeit der Messungen und des Ergebnisses wird durch Fehlerbetrachtungen abgeschätzt.

Schema zum Protokoll eines Experiments

Name des Experimentators:

Datum:

Aufgabe:

Vorbereitung:

- zu messende Größen
- konstant zu haltende Größen
- Aufbau der Experimentieranordnung

Durchführung:

- Messwertetabelle
- Beobachtungen

Auswertung:

- Diagramm, Berechnungen
- Ergebnis, Fehlerbetrachtung

1.4 Messen physikalischer Größen

Beim Messen einer physikalischen Größe wird der Ausprägungsgrad einer Eigenschaft mithilfe eines Messgerätes bestimmt. Dabei wird die zu messende Größe mit der Einheit verglichen.

Messgeräte: Bei der Auswahl eines Messgeräts muss beachtet werden, dass es einen festgelegten **Messbereich** und eine bestimmte **Messgenauigkeit** hat.

Genauigkeit von Messungen: Jeder Messwert einer physikalischen Größe unterscheidet sich durch Messfehler vom wahren Wert der Größe. Um Messfehler möglichst gering zu halten, wiederholt man Messungen mehrfach und bildet den Mittelwert der Messwerte.

Achtung: Die Genauigkeit von Messungen kann nur *vor* oder *während* der Messung beeinflusst werden. *Nach* der Messung ist es nur noch möglich, den Fehler abzuschätzen und eine Fehlerrechnung durchzuführen.

Messfehler: Abgesehen von groben Fehlern, die sich beim Messen vermeiden lassen, unterscheidet man zwei Arten von Fehlern:

- **Systematische Fehler** entstehen durch die Experimentieranordnung und durch die Messgeräte (Messgerätefehler). Sie wirken sich auch bei Wiederholungen der Messung immer gleichartig aus.
- **Zufällige Fehler** kommen durch den Experimentator und durch die Umgebung zustande.

Einige der systematischen Fehler lassen sich nicht erfassen und daher bei der Auswertung der Messergebnisse nicht berücksichtigen. Die Summe der Beträge dieser nicht erfassbaren systematischen Fehler und sämtlicher zufälligen Fehler ist der Größtfehler („der Fehler“) der Messung.

Berechnung zufälliger Fehler: Zufällige Fehler aus n Messwerten (x_1, x_2, \dots, x_n) einer Größe x können durch folgende Werte angegeben werden:

■ **Mittelwert** (arithmetisches Mittel): $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

■ **Standardabweichung:** $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$

s gibt an, wie viel Prozent der Messwerte in einem Bereich um den Mittelwert der Messung liegen.

■ **mittlerer Fehler des arithmetischen Mittels:**

$$\Delta\bar{x} = \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{für } n \geq 10)$$

$\Delta\bar{x}$ ist ein Maß für die Streuung der Messwerte.

Darstellung von Messergebnissen: Der **absolute Messfehler** Δx kennzeichnet die Abweichung des Messwertes x vom wahren Wert, der **relative Fehler** $\Delta x/x$ und der **prozentuale Fehler** $\Delta x/x \cdot 100\%$ in Bezug auf den Messwert. Das Messergebnis x_E wird folgendermaßen angegeben: $x_E = x \pm \Delta x$.

Fehlerfortpflanzung: Werden bei der Ergebnisermittlung mehrere Messgrößen kombiniert, ergibt sich der relative Fehler Δz des Ergebnisses z aus den relativen Fehlern der einzelnen Messgrößen.

Zusammensetzung von Größen und relativer Fehler Δz

Summe	$z = x + y$	$\Delta z = \Delta x + \Delta y$
Differenz	$z = x - y$	
Produkt	$z = x \cdot y$	$\frac{\Delta z}{z} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$
Quotient	$z = x / y$	
Potenz	$z = x^k$	$\frac{\Delta z}{z} = k \frac{\Delta x}{x}$

2 Mechanik

Wichtige Definitionen

Größen und Einheiten	
Arbeit	Formelzeichen: W Einheit: 1 Joule (J) $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
Beschleunigung	Formelzeichen: \vec{a} Einheit: 1 m s^{-2}
Energie	Formelzeichen: E Einheit: 1 Joule (J) $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
Geschwindigkeit	Formelzeichen: \vec{v} Einheit: 1 m s^{-1}
Impuls	Formelzeichen: \vec{p} Einheit: 1 kg m s^{-1}
Kraft	Formelzeichen: \vec{F} Einheit: 1 Newton (N) $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$
Masse	Formelzeichen: m Einheit: 1 Kilogramm (1 kg)
Volumen	Formelzeichen: V Einheit: 1 m^3
Zeit	Formelzeichen: t Einheit: 1 Sekunde (s)

2.1 Eigenschaften und Modelle der Körper

Die uns umgebenden Gegenstände werden in der Physik als **Körper** bezeichnet. Sie nehmen einen Raum ein, haben eine Masse, befinden sich in einem Aggregatzustand und bestehen aus einem oder mehreren Stoffen.

Eigenschaften von Körpern

Masse: Die Masse m (Einheit: 1 kg) drückt aus, wie stark der Körper einer Änderung seiner Bewegung durch eine Kraft widersteht (träge Masse) und wie schwer ein Körper ist (schwere Masse).

Volumen: Das Volumen V (Einheit: 1 m³) gibt an, wie viel Raum ein Körper einnimmt. Das Volumen ist also der Rauminhalt eines Körpers.

Dichte: Die Dichte ρ (Einheit: 1 kg m⁻³) eines Stoffes gibt an, welche Masse ein bestimmtes Volumen des Stoffes (bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck) hat:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Die Dichte ist eine Stoffkonstante. Meist wird sie für eine Temperatur von 20 °C und den Normdruck von 101,3 kPa angegeben.

Beispiele: Die Dichte von Blei beträgt bei 20 °C 11,35 g cm⁻³, die von Wasser 1,00 g cm⁻³. Trockene Luft hat bei 0 °C eine Dichte von 0,0013 g cm⁻³.

Stoffmenge: Jeder Stoff besteht aus Teilchen (Atomen, Molekülen oder Ionen). Je größer die Anzahl der Teilchen ist, desto größer ist die Masse einer Stoffportion. Die Stoffmenge n (Einheit: 1 mol) gibt an, wie viele Teilchen eines Stoffes in einer Stoffportion vorhanden sind.