



# Einführungsversuch zum physikalischen Grundpraktikum

P.Knieling 20.02.20

- **Allgemeines**
- **Bestimmung der Dichte einer Möhre**

**Peter Kind** (Technik, [kind@uni-wuppertal.de](mailto:kind@uni-wuppertal.de), -3514)

**Peter Knieling** (Appl. Sci., [knieling@uni-wuppertal.de](mailto:knieling@uni-wuppertal.de), -2749)

**Benjamin Bornmann** (Bach. Phys., [bornmann@uni-wuppertal.de](mailto:bornmann@uni-wuppertal.de), -3104)



# Organisation / Versuche im AP 1

## Mechanik:

M3: Elastizitäts- & Torsionsmodul

M15: physik./gekoppeltes Pendel

## Optik:

GO1: Abbildung durch Linsen & Linsenfehler

GO2: Optische Instrumente

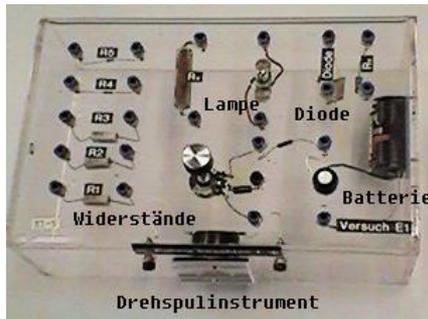
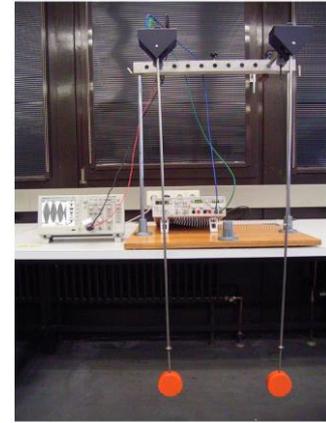
## Thermodynamik:

T3: Spezifische Wärme & Schmelzwärme

## Elektrizitätslehre:

E1: Drehspulinstrument

E45: RCL-Kreis



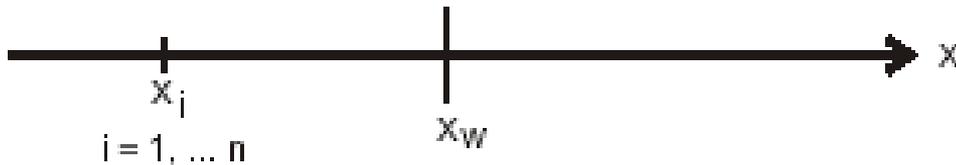
- Vorbereiten
- Planen und dimensionieren
- Aufbauen und optimieren
- Daten erfassen
- Auswerten
- Interpretieren
- Veröffentlichen

## Ziel dieses Praktikums

- ... ist es **nicht** Bekanntes besonders genau nachzumessen,
- sondern zu Lernen, wie man richtig und gut experimentiert
  - präzises Messen
  - Bewusstsein für Fehlerquellen / beeinflussenden Größen entwickeln
  - Erfahrung mit physikalischen Messgrößen und deren üblichen Größenordnungen sammeln
  - Wie misst man diese Größen (Spannung, Strom, Lichtstärke, Temperatur, Kraft, Zeit, ...) und Größenordnungen (A,  $\mu$ A, pA, ...)?
  - gute Beschreibung / Dokumentation / Verständlichkeit auch für Dritte
- Versuchsaufbauten im AP sind nicht ideal
  - dies ist bewusst gewählt und auch gut so
  - auch „professionelle“ Experimente sind **nie** ideal
  - gute Geräte sind
    1. auch nicht fehlerfrei (Bewusstsein für Fehler geht aber ggfs verloren)
    2. kompliziert zu bedienen (klein anfangen)
    3. teuer
  - Übung macht den Meister (Auf Knopf drücken -> Ergebnis: sinnlos)

### Systematische Störungen des Experiments

- Maßstab/Lineal etc. hat nicht exakt die angegebene Länge
- Spannung des Netzteils, Wert eines Widerstands, ... zu hoch/niedrig
- Bestimmung der Schmelzwärme von Eis (T3): Eis kühlt erwärmtes Wasser ab. Messung  $T(t)$ . System gibt aber auch Wärme an Umgebung ab  $\Rightarrow$  Extrapolation des Wärmeverlusts



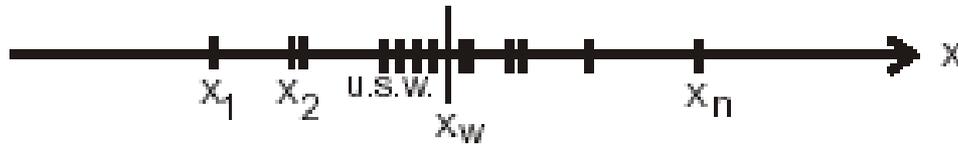
Systematischer Fehler

**Verfälschung der Messgröße in eine Richtung**

### Unsystematische Störungen:

Wiederholung einer Messung, immer geringfügige Variationen: **Zufallsfehler**

**Ursachen:** Unsystematische Schwankungen der Versuchsbedingungen,  
Reibung in mechanisch bewegten Messinstrumenten (Zeigerinstrumente),  
Justier- & Ablesefehler, ...

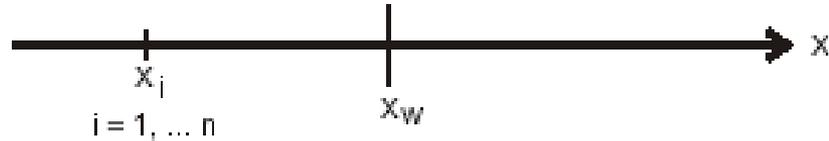


Zufälliger Fehler

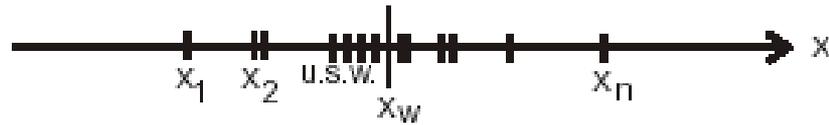
**Gleiche Wahrscheinlichkeit für Messung  
größerem/kleinerem Wert**

## Ziel jeder Messung $x_i$ :

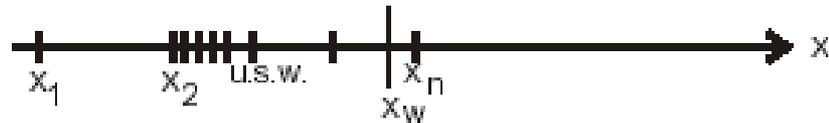
Bestimme den wahren Wert  $x_w$  einer (physikalischen) Größe



Systematischer Fehler  
(Verfälschung in eine Richtung)



Zufälliger Fehler  
(Gleiche WK für Messung größeren/kleineren Wert)



Kombination beider Fehlertypen

## Aufgabe der Fehlerrechnung

- Bestimmung des besten Schätzwerts  $\underline{x}$  aus endlicher Menge Messwerte
- Angabe der Unsicherheit  $\underline{x} \pm m$

### Fehlerfortpflanzung

1. Beste Näherung für die interessierende Größe ergibt sich unter Verwendung der Mittelwerte in der Bestimmungsgleichung:

$$\bar{R} = f(\bar{x}, \bar{y}, \dots)$$

2. Standardabweichung des Resultats ist gleich der Wurzel aus der Quadratsumme der gewichteten Standardabweichungen der Messgrößen (Gaußsche Fehlerfortpflanzung):

$$\bar{m}_R = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \bar{m}_x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \bar{m}_y\right)^2 + \dots}$$

#### **df/dx: Gewichtungsfaktor**

Partielle Ableitung der Bestimmungsgleichung nach Variable (alle anderen Variablen konstant)

### Beispiel für Fehlerfortpflanzung

Volumen eines Zylinders soll bestimmt werden:  $V = \pi r^2 h$

Radius und Höhe gemessen zu  $r = \bar{r} \pm \overline{m_r}$  und  $h = \bar{h} \pm \overline{m_h}$

Mittelwert des Volumens ist:  $\bar{V} = \pi \bar{r}^2 \bar{h}$

Partielle Ableitungen:  $\frac{\partial V}{\partial r} = 2\pi r h = 2 \frac{V}{r}$ ;  $\frac{\partial V}{\partial h} = \pi r^2 = \frac{V}{h}$

Standardabweichung des Mittelwertes:  $\overline{m_V} = \sqrt{\left(2\bar{V} \frac{\overline{m_r}}{r}\right)^2 + \left(\bar{V} \frac{\overline{m_h}}{h}\right)^2}$

**Zahlenwerte:  $r = (25 \pm 2)$  mm (8%),  $h = (75 \pm 3)$  mm (4%)**

$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 147262 \text{ mm}^3$ ;

$m_V = 24287 \text{ mm}^3$

$m_V/V = 16.5\%$

**Fehler in V überwiegend durch Fehler in r bestimmt!**

## Bestimmung der Dichte einer Möhre

**Dichte  $\rho = m/V$**

Bestimmung der Masse mittels zwei Waagen (Mittelwert), Fehler abschätzen!

Wie erhält man nun das Volumen?

1. Möglichkeit: Messung der Dimensionen

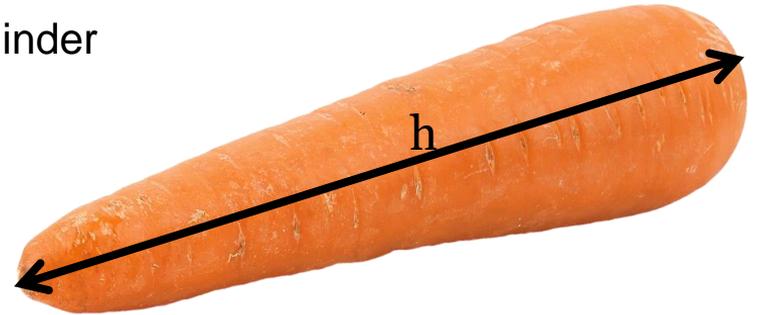
Annäherung der Möhrenform durch einen Zylinder

$$V = \pi r^2 h$$

Wie bestimmt man  $h$  ?

$h$  = Länge der Möhre (Lineal)

Rundungen an den Enden abschneiden

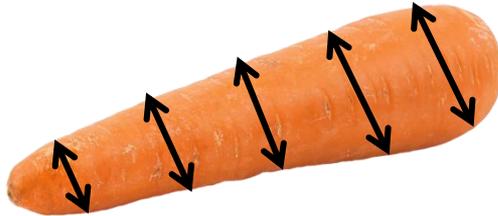


Wie bestimmt man  $r$ ?

a.) an der dicksten und dünnsten Stelle den Durchmesser/Radius messen  
(Schieblehre), Mittelwert bilden



b.) mehrfach (5x) in gleichem Abstand, Mittelwert bilden



## Bestimmung der Dichte einer Möhre

---

Mit den zwei verschiedenen Methode V bestimmen inkl. Fehlerrechnung.

Bemerkungen:

Messfehler von Lineal und Schieblehre sind unterschiedlich.

Die Möhre ist nicht rund! Min Max Messung

Der Fehler bei der Bestimmung des Mittelwertes (Methode a/b) leitet sich aus dem Messfehler (Schieblehre) und der Fehlerfortpflanzung für den Mittelwert her!

### 2. Möglichkeit: Verdrängen von Wasser

komplettes Eintauchen der Möhre in einen mit Wasser gefüllten Messzylinder.

Volumen = Füllstand nachher – Füllstand vorher

Adhäsion ist kein Problem, da Differenzmessung!

Fehlerabschätzung nicht vergessen.

Vergleich der drei bestimmten Werte für das Volumen.

Berechnung der Dichte aus den Mittelwerten für  $m$  und  $V$ .

Erstellung eines kleinen Protokolls (knieling@uni-wuppertal.de)