Einführungsveranstaltung zum Physikalischen Grundpraktikum für Chemiker

Dirk Lützenkirchen-Hecht

11.10.2022

Inhalt

- Organisatorische Aspekte – im Zeichen von Covid19 / Corona
- Grundlagen des Experimentierens
- Fehlerrechnung!
- Sicherheitsaspekte – Covid19/Corona

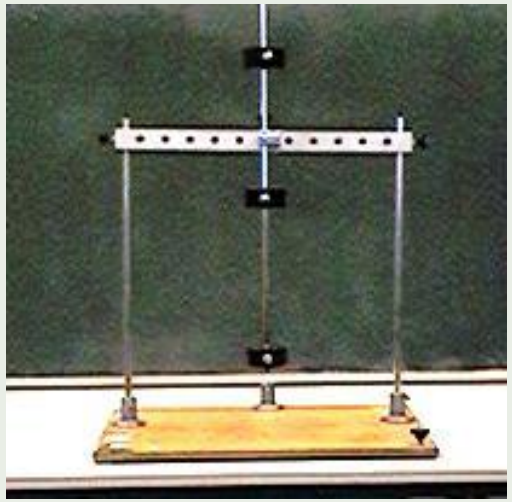
Versuche im Chemiker-Praktikum

Mechanik:

M1: Physikalisches Pendel

M3: Elastizäts- & Torsionsmodul

M5: Gekoppelte Pendel



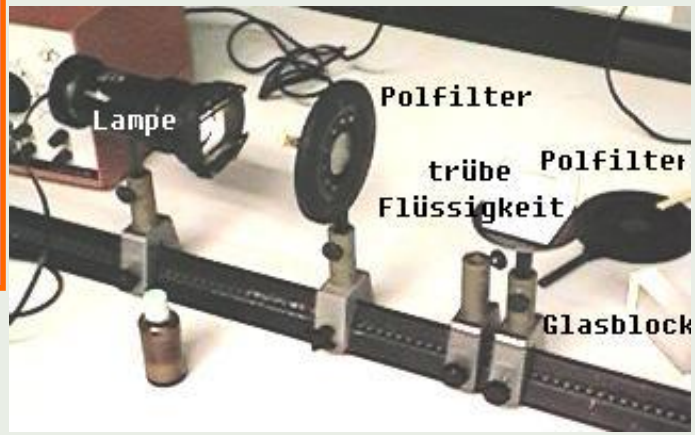
Optik:

GO5: Abbildung durch Linsen & Linsenfehler

GO2: Optische Instrumente

WO6: Polarisation von Licht

WO7: Beugung und Interferenz



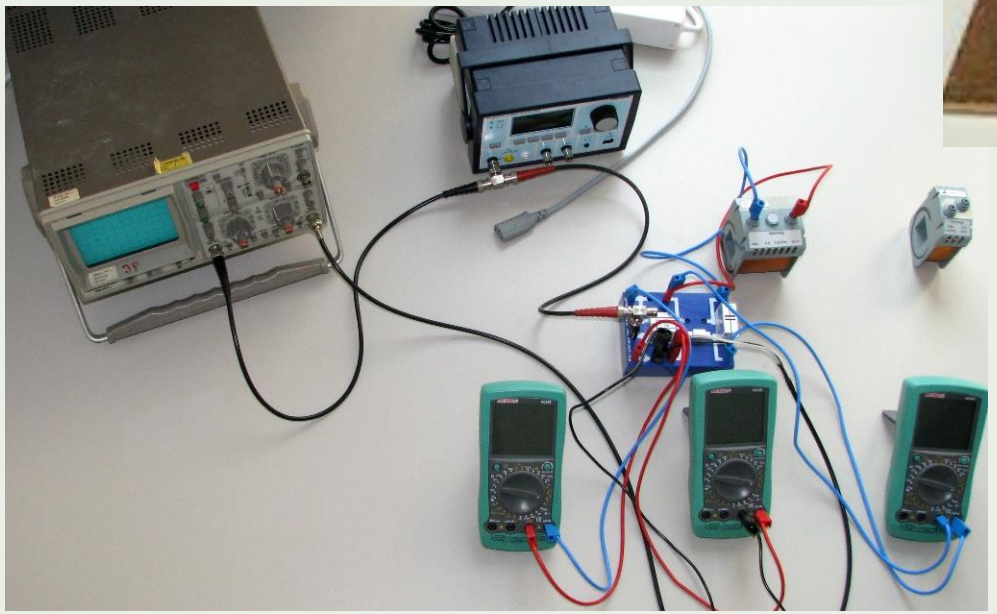
Versuche im Chemiker-Praktikum

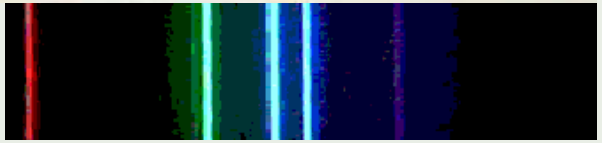
Elektrizitätslehre:

E1: Drehspulinstrument

E3: Elektronen in el.-mag. Feldern

E4: Elektrische Schwingungen: RCL-Kreise





Atome und Quanten:

AP5: Gitterspektrometer

AP6: Prismenspektralapparat

AP7: Planck`sches Wirkungsquantum

Versuche im Chemiker-Praktikum

Physikalisches Praktikum für Chemiker WS 2022/2023 Stand: 6.10.2022

Vorbesprechung: Di, 11.10.2022, 11.00 Uhr s.t. im Raum D 11.04

Die Versuche finden von 9.00 bis 13.00 Uhr und von 14.00 bis 18.00 Uhr in Räumen der Ebene D 11 statt

Gruppe	18.10.22	25.10.22	1.11.22	8.11.22	15.11.22	22.11.22	29.11.22	6.12.22	13.12.22	20.12.22	10.1.23	17.1.23	24.1.23	31.1.23	ab 7.2.23
1 vorm.	**M1**	M4	-	M5	**E1**	**E3**	**E4**	**GO5**	**GO2**	WO6	**WO7**	**AP5**	AP6	**AP7**	Präsentation
2 nachm.															

M1: Das physikalische Pendel
M5: Gekoppelte Pendel
M4: Eigenschwingungen auf einem Draht
E1: Das Drehspulinstrument
E3: Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern
E4: Elektrische Schwingungen: RCL-Kreis

GO5: Linsen und Linsenfehler, Chemiker-AP
GO2: Optische Instrumente
WO6: Polarisation von Licht, Chemiker-AP
WO7: Beugung und Interferenz von Laserlicht, Chemiker-AP
AP5: Gitterspektrometer, Chemiker-AP
AP6: Prismenspektralapparat, Chemiker-AP
AP7: Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums, Chemiker-AP

Organisatorische Aspekte

- Vor- & Nachmittagsgruppe

	Gruppe 1 Dienstag Vormittags 9-13 Uhr	Gruppe 2 Dienstag Nachmittags 14-18 Uhr
1	XXXX509	XXXX444
2	XXXX551	XXXX791
3	XXXX027	XXXX557
4	XXXX643	XXXX472
5	XXXX355	XXXX437
6	XXXX560	XXXX726
7	XXXX502	XXXX750
8		XXXX796
9		
10		

Aufgrund der Corona-Regeln haben wir nur zwei Gruppen ***nacheinander*** …

Organisatorische Aspekte

- Die Praktika finden ab dem 18.10.2022 immer nur Dienstags vormittags von 9:00 - 13:00 Uhr und von 14:00 - 18:00 Uhr in den Räumen D.11.04 und D.11.05 statt!
- Aufteilung in Gruppen zu je 2 (3) Studierenden!

Organisatorische Aspekte

- Die Praktika finden ab dem 19.10.2021 immer nur Dienstags vormittags von 9:00 - 13:00 Uhr und von 14:00 - 18:00 Uhr in den Räumen D.11.04 und D.11.05 statt!
- Aufteilung in Gruppen zu je 2 (3) Studierenden!
- Jeder Studierende hat wegen der Corona-Regeln einen festen Sitzplatz / Arbeitsplatz. Die Anwesenheit wird durch Unterschrift an jedem Versuchstag bestätigt.
- Die Auswertung und das Protokoll werden in der Gruppe gemeinsam angefertigt.

Weitere Informationen, Skripte, Versuchsanleitungen, Bilder, …

http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/APPRAK.HTML

Organisatorische Aspekte / Corona - Verhaltensregeln

- Vor Betreten des Universitätsgebäudes: Mundschutz ist empfohlen!
- Vom Universitäts-Haupteingang in den Kern Geb. DFG auf Ebene 8. Möglichst *Aufzüge vermeiden*, stattdessen die Treppenhäuser nutzen (Durchlüftung), um zu den Praktikumsräumen in Ebene 11, Raum D.11.04/05 zu gelangen. Empfehlung: Aufzüge nur ***maximal zu ZWEIT*** nutzen!
- Die Versuchsplätze sind so aufgebaut, dass ein **Mindestabstand von 2 m** zu der Nachbargruppe gewahrt wird (nur max. 6 Arbeitsplätze / Raum)
- Regelmäßiges Händewaschen (mit Seife, min. 30 s) & Desinfizieren!
- Eintragung in eine Liste am Eingang des Praktikumsraums, mit Name, Adresse, Telefonnummer & E-Mail-Adresse und Anwesenheitszeit (von … bis …)!
- Die teilnehmenden Studierenden müssen per E-Mail den Empfang der hier beschriebenen Verfahrensregeln und Hinweise bestätigen!

Organisatorische Aspekte

- Abgabe der Protokolle:

  Anstreben bis zum Ende der Woche (… der nächste Versuch kommt!)

  Spätestens aber bis zum Beginn des nächsten Versuchs!
- Abschlussveranstaltung: Vortrag/Präsentation über ausgewähltes Experiment (ca. 25-30 min) – Vorträge ab dem 7.2.2023

  (oder in der vorlesungsfreien Zeit … nach Absprache!)

- Ansprechpartner für Organisation/Technik:

  Peter Kind

  Raum D.08.09b, Tel.: -3514, kind@uni-wuppertal.de

  Dirk Lützenkirchen-Hecht

  Raum D.09.23, Tel.: -2747/-3103/-3102, dirklh@uni-wuppertal.de

  + **Praktikumsassistenten (S. Paripsa, P. Rothweiler, …)**

Vorbereitung

- Vorbereitung: … am Anfang steht das Literaturstudium

- **Vor** der Durchführung eines Experiments
  - Grundlagen, Theorie: Um was geht es in dem Experiment überhaupt?
  - Welche Größen sind entscheidend für das Experiment?
  - Welche Physikalischen Gesetzmäßigkeiten?
  - Voraussetzungen, Annahmen für diese Gesetzmäßigkeiten
  - …

… dazu sind Skripte zu den einzelnen Versuchen vorbereitet

(siehe: www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/APPRAK.HTML)

Beispiel für Versuchsskript

- Rechtzeitig **vor Versuch** herunterladen & **durcharbeiten**!
- Erforderliche Vorkenntnisse sind spezifiziert!
- Literaturquellen sind angegeben!
- **Empfehlung**:
  Mit Hilfe dieser Anleitung gemeinsam
  - **Praktikumsprotokoll** vorbereiten,
  z.B. **Theorieteil** (kurz & knapp),
  -**Tabellen** für Auswertung **vorbereiten**
  - Ggf. **Graphiken** entwerfen, …

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Versuch E1
Das Drehspulinstrument

3.06

I. Zielsetzung des Versuchs

Ein einfaches Drehspulinstrument soll durch Wahl geeigneter Vor- und Parallelwiderstände zur Messung von Strömen und Spannungen verwendet werden.

Elektromotorische Kraft (EMK) und Innenwiderstand sind wichtige Kenngrößen einer Spannungsquelle. Im Rahmen dieses Versuchs sollen diese beiden Größen einer Batterie ausgemessen werden.

Nichtlineare Widerstandselemente spielen eine wichtige Rolle auf dem Gebiet der Elektronik. Ausgemessen werden soll die Strom–Spannungs–Charakteristik einer Glühlampe und einer Halbleiterdiode.

II. Vorkenntnisse

1) allgemeine Vorkenntnisse

- Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Regeln, Induktionsgesetz, Definition von Strom und Spannung
  Literatur: Jedes Lehrbuch der Physik, Elektrizität

2) spezielle Vorkenntnisse

- Funktionsweise von Drehspulgalvanometern

  Literatur: GERTHSEN KNESER VOGEL, Kapitel 7.5.1
  W. WALCHER, Praktikum der Physik, Kap. 5.0.3.2
- Schwingungsgleichung des Drehspulgalvanometers
  Literatur: WESTPHAL, Physikalisches Praktikum, Anhang II, A
- Meßbereichserweiterung
  Literatur: W. WALCHER, Praktikum der Physik, Kap. 5.0.3.2
- Galvanische Elemente
  Literatur: GERTHSEN KNESER VOGEL, Kapitel 6.5.1, 6.5.2

1

Fehlerrechnung – Ein paar Grundlagen …

Eine Messung ist *nie* beliebig genau

- es hat nichts mit einer falschen Messung zu tun, wenn die Messung vom „wahren Wert“ abweicht, das sollte sogar so sein!

- Besser: Statt *Fehler* ⇒ *Messunsicherheiten/Abweichungen*

- Fehler:

Zum Beispiel falsches Ablesen des Messgeräts, Zahlenverdreher etc. Diese sollte man vermeiden!

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

Jedes Experiment (und damit auch seine Ergebnisse) …

… hängt mehr oder weniger stark von äußeren Einflüssen ab!

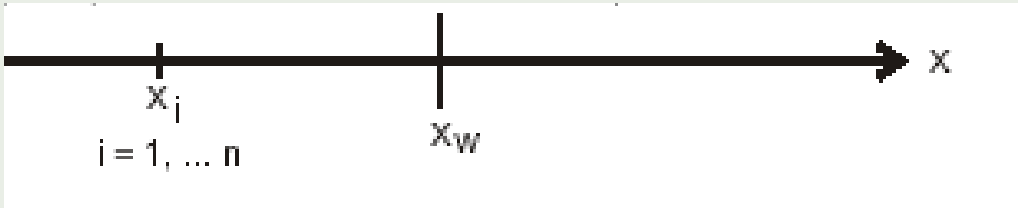
Systematische Störungen des Experiments:

Beispiel: Untersuchung von Molekülen in Lösung

Auch bei geringer Konzentration immer Wechselwirkung

→ Systematische Beeinflussung des Experiments bei Variation der Konz.

→ Extrapolation auf unendliche Verdünnung



Systematischer Fehler (Verfälschung der Mess-größe in eine Richtung)

Problem: Extrapolation nicht immer (eindeutig) möglich!

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

Jedes Experiment (und damit auch seine Ergebnisse) …

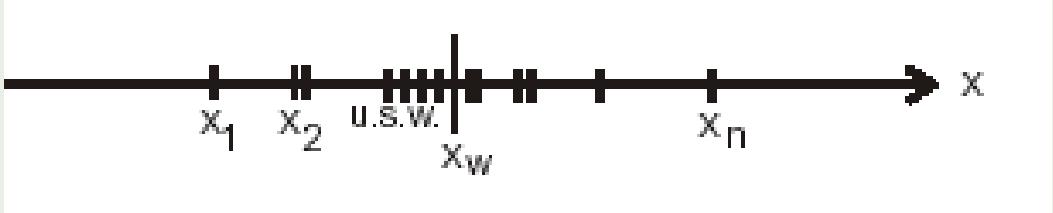
… hängt mehr oder weniger stark von äußeren Einflüssen ab!

Unsystematische/zufällige Störungen:

Wiederholung einer Messung, immer geringfügige Variationen

→ **Zufallsfehler!**

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

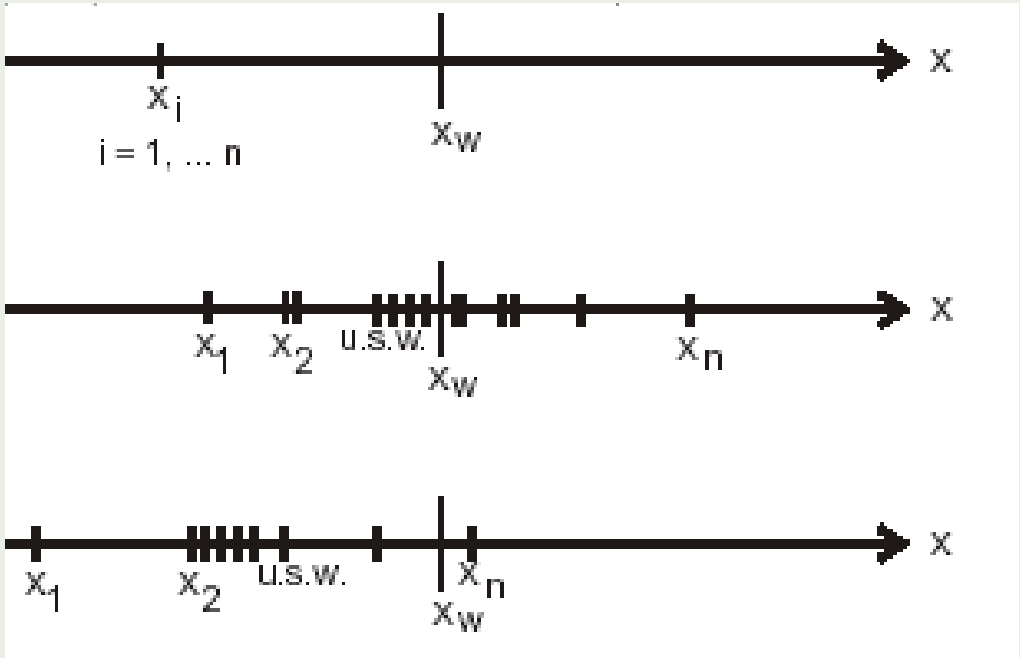


Zufälliger Fehler (Gleiche WK für Messung größeren/kleineren Wert)

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

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 $\underline{x} \pm m$

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

In der Realität:

Nur endliche Stichprobe (Anzahl Messungen) im Experiment möglich!

Deshalb:

Wahres Maximum der Verteilung (μ) und Standardabweichung (σ)

nicht bestimmbar

Berechnung von Näherungswerten:

Mittelwert **x** und mittlerer Fehler **m** einer (endlichen) Stichprobe

Gaußsches Prinzip der kleinsten Fehlerquadrate!

Die beste Näherung an den wahren Wert ist für eine endliche Zahl von Messungen der Wert, bei dem die Summe der Fehlerquadrate minimiert wird!

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

Arithmetischer Mittelwert $\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} x_i \Big/ n$

Beste Näherung für die wahre Varianz σ^2 ist m^2:

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

Varianz m^2 entspricht

Summe der Fehlerquadrate / (Anzahl Kontrollmessungen – 1)

Unsicherheit des Mittelwertes in Bezug auf den wahren Wert:

Standardabweichung des Mittelwertes:

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

Kleine Zusammenfassung:

- **Standardabweichung der Einzelmessung m** charakterisiert Abweichung der Einzelmessung vom Mittelwert!
- Einzelmessung liegt mit der Wahrscheinlichkeit von 68.3% im Intervall ± m um den Mittelwert $\bar{x}$!
- Verteilung der Einzelmessungen unabhängig von Zahl der Mess.

  $\Rightarrow$ Bei hinreichend großer Zahl Messungen ist m konstant ($m \approx \sigma$)

- **Standardabweichung des Mittelwerts** $\bar{m}$ charakterisiert Fehler des Mittelwerts!
- **Wahrer Wert** liegt mit **68.3% WK** im Intervall $\bar{x} \pm \bar{m}$

- Auch bei großer Standardabweichung des Einzelwertes:

  Beliebige Genauigkeit des Mittelwerts erreichbar!!!

$$\bar{m} = m / \sqrt{n}$$

Relative – absolute Fehler:

Bessere Vorstellung über die Genauigkeit des Mittelwerts:

Relativer Fehler:

$$\overline{m_{rel}} = \overline{m} / \overline{x}$$

Beispiel:

Absoluter Fehler einer Längenmessung sei $\overline{m}$ = 1 mm

Messstrecke = 1000 mm, d.h. relativer Fehler = 1/1000 = 0.1%

Messstrecke = 10 mm, d.h. relativer Fehler = 1/10 = 10%

Fehlerfortpflanzung / Größtfehlerabschätzung:

I.a.: Im Versuch zu ermittelnden Größen hängen von mehreren, unabhängig zu messenden Größen x, y, … ab!

Dazu existieren gewisse mathematische Beziehungen R = f(x, y, …)

Jede Messgröße x, y, ist mit eigenem Fehler behaftet!

Exakte Fehlerfortpflanzung

- bestimmt Mittelwert & Standardabweichung
- berücksichtigt Häufigkeitsverteilungen aller Messgrößen und
- Wahrscheinlichkeit für gleichzeitiges Auftreten zufälliger Ereignisse!

Exakte Fehlerfortpflanzung:

Dann gilt:

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

$$\overline{R} = f(\overline{x}, \overline{y}, \ldots)$$

2. Standardabweichung des Resultats ist gleich der Wurzel aus der Quadratsumme der gewichteten Standardabweichungen der Messgrößen

$$\overline{m_R} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\overline{m_x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\overline{m_y}\right)^2 + \ldots}$$

df/dx: Gewichtsfaktor:

Partielle Ableitung der Bestimmungsgleichung nach Variable! (alle anderen Var. Konstant)

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

Beispiel für exakte 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:

$$\frac{\partial V}{\partial r} = 2\pi r h; \quad \frac{\partial V}{\partial h} = \pi r^2$$

Standardabweichung des Mittelwertes:

$$\overline{m_V} = \sqrt{\left(2\pi \bar{r} \bar{h} \overline{m_r}\right)^2 + \left(\pi \bar{r}^2 \overline{m_h}\right)^2}$$

Zahlenwerte: r= (25 ± 2) mm, h = (75 ± 3) mm

$V = \pi r^2 h = 147262\ mm^3$;

$m_V = [(2\pi rh * 2\ mm)^2 + (\pi r^2 * 3\ mm)]^{1/2} = [(23562\ mm^3)^2 + (5890\ mm^3)^2]^{1/2}$

$= [555165248\ mm^6 + 34697828\ mm^6]^{1/2} = 24287\ mm^3$; $m_V/V = 16.49\%$

Fehlerrechnung – Theoretische Grundlagen

Exakte Fehlerfortpflanzung oft extrem kompliziert!

Daher: **Größtfehlerberechnung**

Größtfehler beschreibt die Abweichung des Resultats vom Bestwert bei ungünstigster Kombination der Mittelwerte ± Fehler der Einzelgrößen!

Betrachte

$$a = \bar{a} \pm \Delta a \; und \; b = \bar{b} \pm \Delta b$$

Abhängig von den jeweiligen Rechenoperationen muss Relativ- oder Absolutfehler betrachtet werden:

Größtfehlerabschätzung

Rechenoperation	$\underline{c} = f(\underline{a}, \underline{b})$	Größtfehler Δc	Relativer Größtfehler $\Delta c/c$
Multiplikation mit konstantem Faktor	$\underline{c} = k * \underline{a}$	$k * \Delta a$	$\Delta a/\lvert\underline{a}\rvert$
Addition	$\underline{c} = \underline{a} + \underline{b}$	$\Delta a + \Delta b$	$\frac{(\Delta a + \Delta b)}{\lvert\underline{a} + \underline{b}\rvert}$
Subtraktion	$\underline{c} = \underline{a} - \underline{b}$	$\Delta a + \Delta b$	$\frac{(\Delta a + \Delta b)}{\lvert\underline{a} - \underline{b}\rvert}$
Multiplikation	$\underline{c} = \underline{a} * \underline{b}$	$\lvert\underline{a}\rvert * \Delta b + \lvert\underline{b}\rvert * \Delta a$	$\Delta a/\lvert\underline{a}\rvert + \Delta b/\lvert\underline{b}\rvert$
Division	$\underline{c} = \underline{a} / \underline{b}$	$(\lvert\underline{a}\rvert * \Delta b + \lvert\underline{b}\rvert * \Delta a)/\underline{b}^2$	$\Delta a/\lvert\underline{a}\rvert + \Delta b/\lvert\underline{b}\rvert$
Potenzieren	$\underline{c} = \underline{a}^n$	$\Delta a * n * \lvert\underline{a}\rvert^{(n-1)}$	$n * \Delta a/\lvert\underline{a}\rvert$

Vergleich: Beispiel von eben

Volumen des Zylinders: $V = \pi * r^2 * h$

Exakte Fehlerfortpflanzung:

$$\overline{m_V} = \sqrt{\left(2\pi \bar{r}\bar{h}\overline{m_r}\right)^2 + \left(\pi \bar{r}^2 \overline{m_h}\right)^2}$$

Größtfehlerabschätzung:

$$\overline{m_V} = \pi \bar{r}^2 \overline{m_h} + 2\pi \bar{r}\bar{h}\overline{m_r}$$

Zahlenbeispiel:

$r = 25\ mm \pm 2\ mm$

$h = 75\ mm \pm 3\ mm$

$V = 147262\ mm^3$

Exakte Fehlerfortpflanzung:

$m_V = 24287\ mm^3$ (ca. 16.5%)

Größtfehlerabschätzung:

$m_V = 29452\ mm^3$ (ca. 20.0%)

$\Delta V/|\underline{V}| = 2\Delta r/|\underline{r}| + \Delta h/|\underline{h}| = 2*8\% + 4\% = 20\%$

Versuchsprotokoll

- Theorie soweit zum grundlegenden Verständnis notwendig (Man sollte auch in einem Jahr noch erkennen & verstehen können, was gemacht wurde) – *oder auch zur Zwischenprüfungsvorbereitung…*
- Durchführung skizzieren

  (Bilder helfen da manchmal sehr – Kamera, Handy etc ist gestattet bzw. sogar erwünscht! – **Screen-Shots des Bildschirms…**)
- Versuchsgeräte beschreiben

  (zum Beispiel Digitalmultimetertyp – 3, 4 Stellen, Genauigkeit, …)
- Messwerte sofort ins Protokoll aufnehmen! (Am besten Tabellen vorbereiten)

  Physikalische Größe = (Maßzahl ± Fehler) * Maßeinheit

  - Auch Werte von Konstanten, die für die Auswertung benutzt werden
- Auswertung sollte sich hier direkt anschließen – Graphen (Beschriftung), Tabellen (keine unsinnigen Genauigkeiten),
- Graphen sind auch hilfreich, um syst. Messfehler zu erkennen!
- Auch ein Photo ist manchmal gut und hilfreich (z.B. optische Versuche!)

Versuchsprotokoll

Anfertigung des Protokolls:

Durch ***alle Mitglieder*** der jeweiligen Gruppen – hier ist gute Zusammenarbeit wichtig

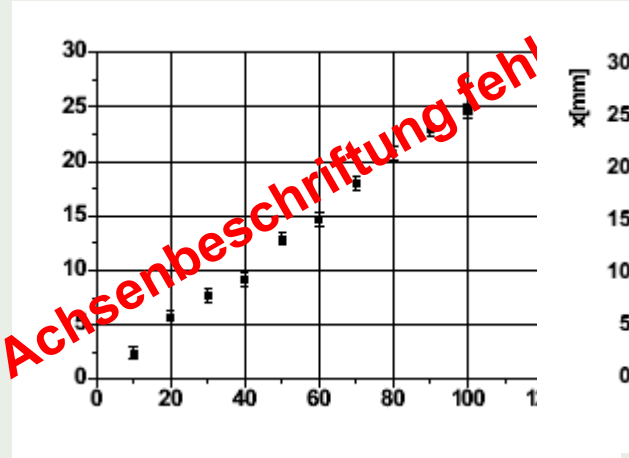
Das Protokoll bitte per E-Mail an mich

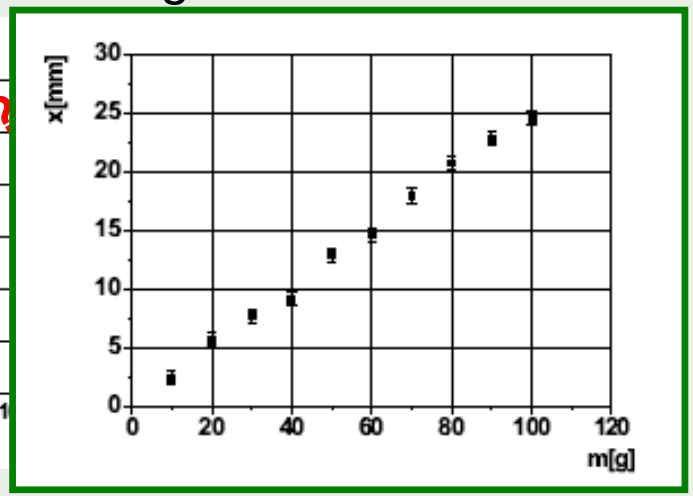
dirklh@uni-wuppertal.de

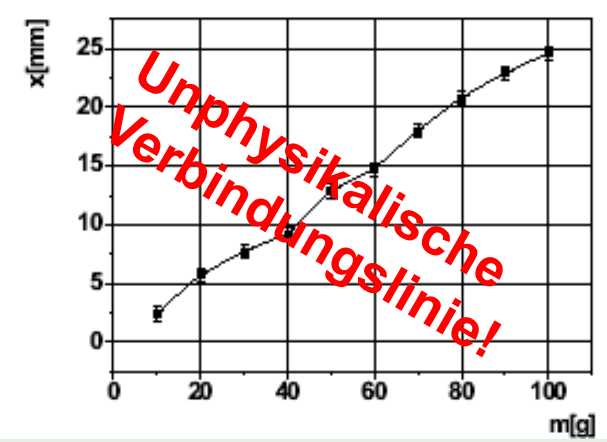
und den betreuenden Assistenten – E-Mail bekommt ihr jeweils!

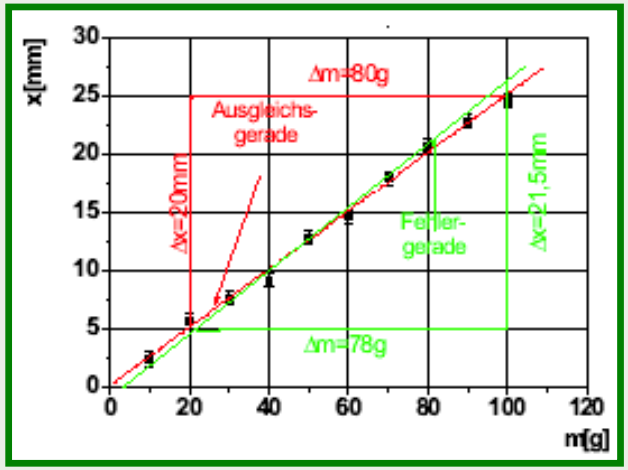
Darstellung der Ergebnisse

- Ein paar falsche und ein paar gute Darstellungen einer Messreihe









Umgang mit teilweise gefährlicheren Gerätschaften

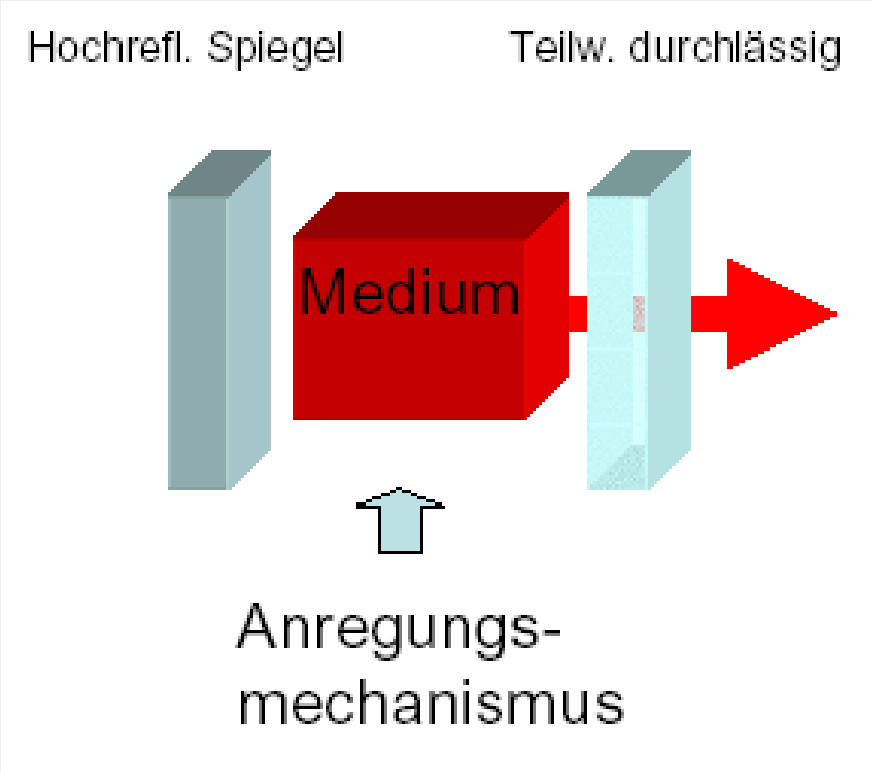
- Hochspannungsquellen

- LASER

Rechtlich zwingend: Sicherheits- und Laserstrahlenschutzbelehrung!

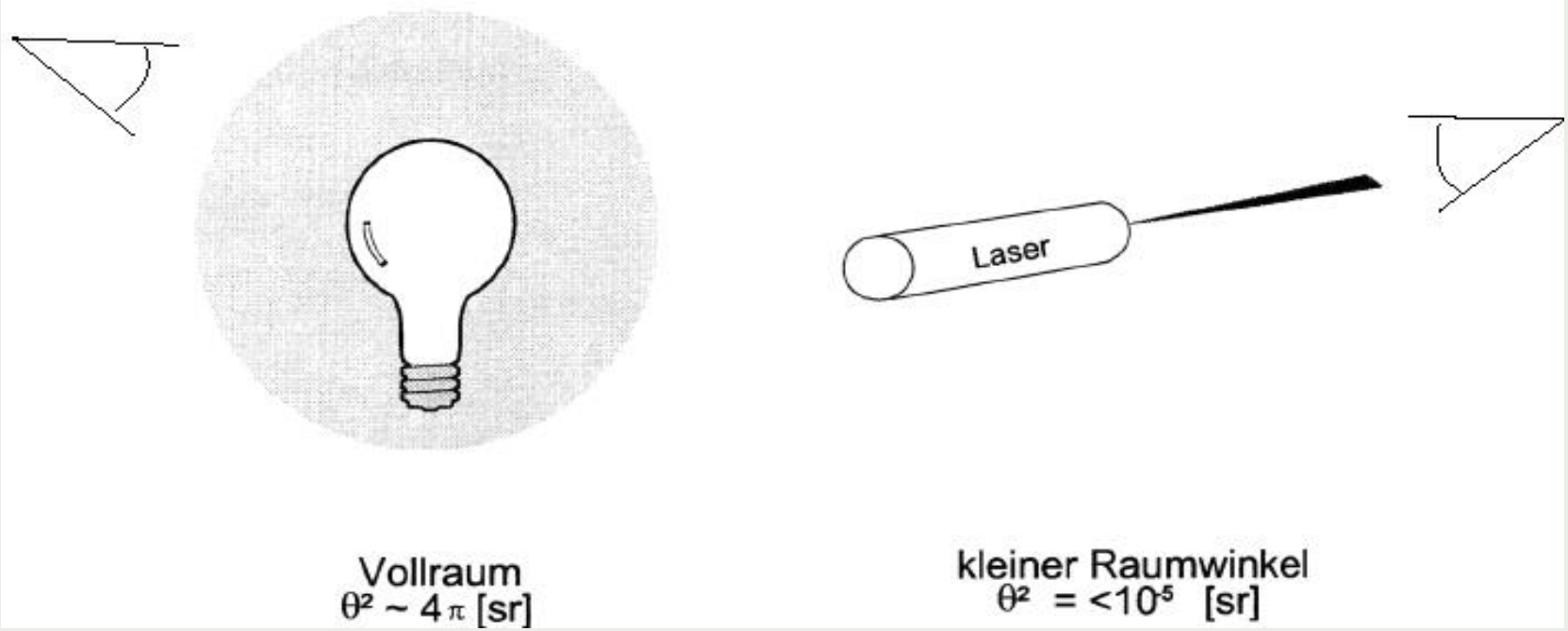
Mit Unterschrift (-> Email!) zu quittieren!

LASER (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation)



- Monochromatisch (teilweise mit mehreren Wellenlängen)
- Geringe Divergenz
- Kohärenz
- hohe Energiedichte
- Wellenlängen vom IR bis zu UV bzw. (soft) X-ray
- kontinuierlich oder gepulst (µs, ns, ps, fs)
- Leistungen von < mW bis > kW

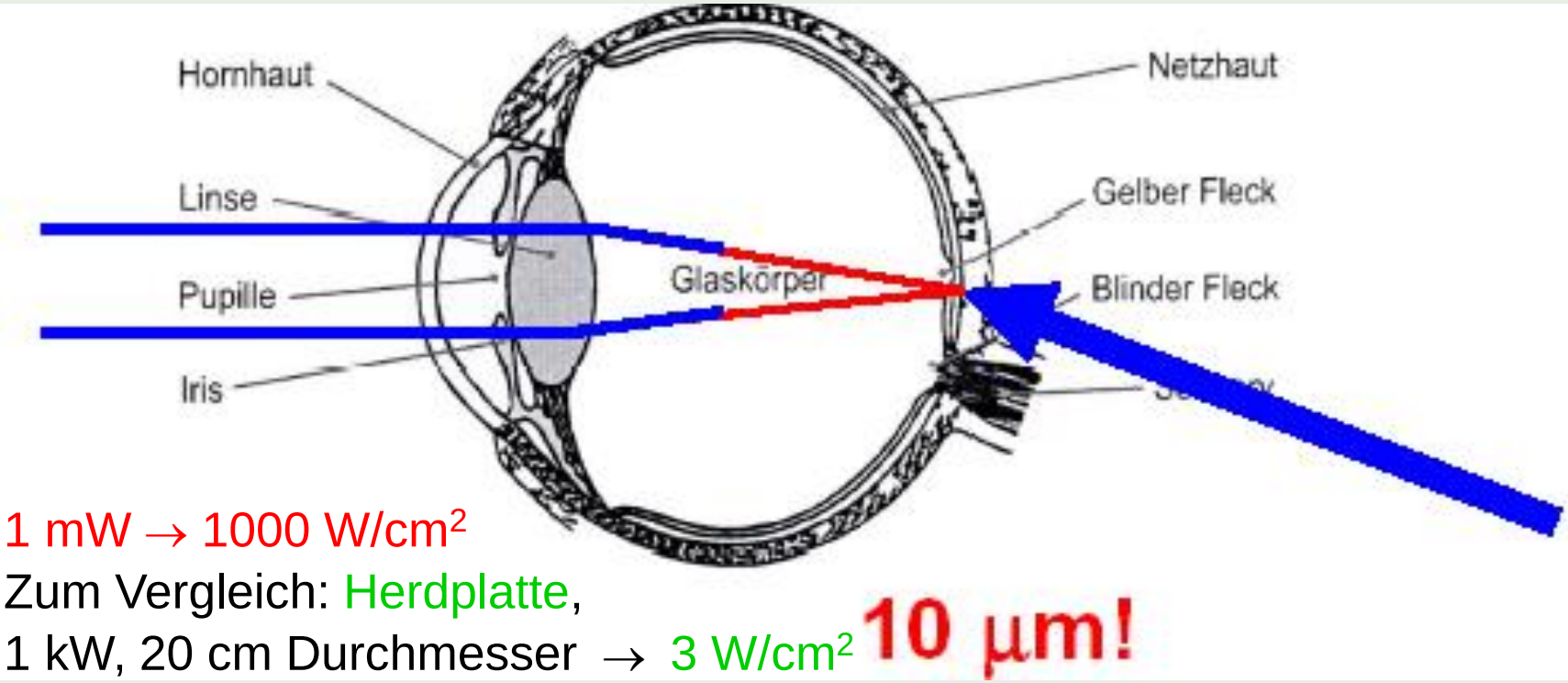
Laser-Leistung ist auf kleinen Raumwinkel konzentriert!



Extrem hohe Intensitäten, Gefahr für Haut und Augen!

(speziell für unsichtbare Laserstrahlung im IR- oder UV-Bereich)

Laser-Leistung wird im Auge weiter fokussiert!



1 mW → 1000 W/cm^2

Zum Vergleich: Herdplatte,

1 kW, 20 cm Durchmesser → 3 W/cm^2

Schädigungen abhängig von

- Wellenlänge, Leistung, (Einwirk-) Zeit
- Linsentrübungen, Netzhautkoagulation, Hornhautschädigung, …

Elektrische Geräte

Hochspannung!

Teilweise auf Klinkenkabel!

Schaltungen ggf. von Betreuer prüfen lassen!

Wichtige Verhaltensregeln

- Sorgfältiges Arbeiten,

nicht nur beim Umgang mit Lasern, Hochspannungsgeräten, …

- Unklare Situation (Gerät riecht komisch, …):

Assistent/Praktikumsleitung

- Sein Sie sich möglicher Gefahren bewusst.

- Halten Sie Abstand zu den anderen Personen im Labor! Nutzen Sie nur die Ihnen persönlich zugewiesenen Arbeitsplätze

- Füllen Sie die Anwesenheitsliste VOLLSTÄNDIG aus!

Was passiert wenn?

… ich einen Versuch versäumt habe?

Ein Versuch: Ärztliches Attest – fertig!

Zwei und mehr Versuche: Nachholtermin(e)

… wenn ich unvorbereitet zu den Praktika erscheine?

Beim ersten Mal: Ermahnung, Versuch darf durchgeführt werden.

Beim zweiten Mal: Keine Teilnahme am Praktikum, Zuteilung eines Ersatztermins beim Leiter des Praktikums.

Beim dritten Mal: Möglicher Ausschluss des Praktikanten von der Veranstaltung: Nach §14 der PO KEINE ausreichende Leistung

… bei Täuschungsversuchen (Erfinden/abschreiben von Messwerten)

Nach §8 der PO ggf. Ausschluss vom Praktikum.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit und Ihre Mithilfe!

- Bei Fragen:

  Peter Kind (- 3514) Raum D.08.09b (kind@uni-wuppertal.de)

  DLH (-3103 oder -2747) Raum D.09.23 (dirklh@uni-wuppertal.de)

Trotz aller Widrigkeiten:

Viel Spaß & Erfolg beim Praktikum!