

# $\text{\LaTeX}$ -Vorlage für das Physikalische Praktikum I/II für Studierende der Naturwissenschaften

Benjamin Grimm-Lebsanft und viele weitere  
Version 1.1.2 der Vorlage

3. März 2025

## Zusammenfassung

Hier steht eine Zusammenfassung, die die Motivation, das Ziel, die Methoden und die Ergebnisse **kurz und prägnant, mit nur den allerwichtigsten Zahlenwerte** darstellt.

## 1. Einleitung

Die Einleitung umfasst folgende Punkte:

- Aufgabenstellung
- Ziel der Messungen

## 2. Theoretische Grundlagen

Kurze Zusammenfassung der wichtigsten Überlegungen und Formeln.

Dies kann ein **knapper und nicht aus Wikipedia oder der Anleitung kopierter!** Text sein: Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Einzelne Formeln:

$$E_{\text{Einstein}} = m \cdot c^2 =_{\text{Pythagoras}} m \cdot (a^2 + b^2), \quad (1)$$

oder eine Reihe zusammengehöriger Formeln:

$$\operatorname{div}(\vec{D}) = 4 \cdot \pi \cdot \rho \quad (2a)$$

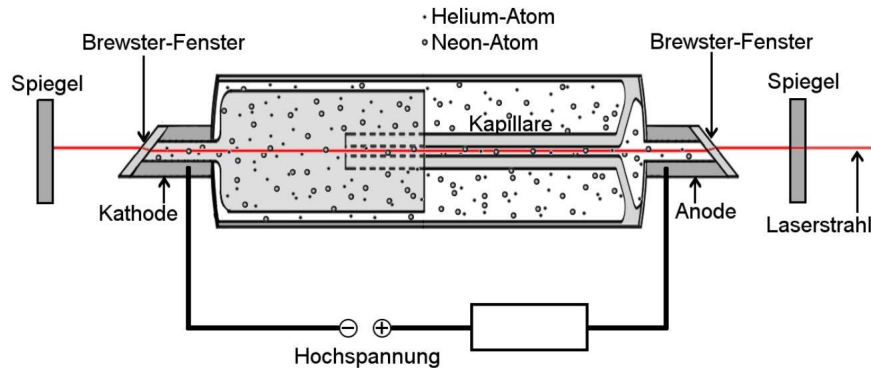
$$\operatorname{rot}(\vec{H}) = \frac{4 \cdot \pi}{c} \cdot \vec{j} \quad (2b)$$

$$\operatorname{rot}(\vec{E}) = -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2c)$$

$$\operatorname{div}(\vec{B}) = 0. \quad (2d)$$

### 3. Experimenteller Aufbau und Durchführung

Prinzip der Messmethode, Einzelheiten der Apparatur (nur soweit sie spezifisch und zur Beurteilung der Qualität der Messergebnisse von Bedeutung sind).



**Abbildung 1:** Aufbau eines Helium-Neon-Lasers mit Brewster-Fenstern. Dargestellt sind die Laserröhre mit der inneren Kapillare, der Gaszusammensetzung, der Hochspannungs-Stromversorgung und dem Resonator, der aus zwei Spiegeln besteht. Beachten Sie bitte ausführliche Bildbeschreibungen zu erstellen, mit denen man die Abbildung, auch ohne im Fließtext nachsehen zu müssen, verstehen kann.

### 4. Ergebnisse

Messergebnisse mit Fehlerdiskussion. Im Protokoll sollten nicht alle Messwerte einzeln aufgeführt werden, sondern nur die, die zur Berechnung der Ergebnisse notwendigen Daten. Weitere Messwerte können im [Anhang A](#) aufgelistet werden. Die testierten Messprotokolle müssen ebenso im Anhang gezeigt werden.

Zahlenwerte und Einheiten können SI-konform (z. B. halbes Leerzeichen zwischen Zahl und Einheit) mit dem **siunitx**-Paket verwendet werden. Wie z. B.:  $N = \text{kg m/s}^2$ , Zahlen ohne Einheiten  $9,99 \pm 0,09$  oder Zahlen deren Genauigkeitsbereich gerundet werden muss  $12,35 \text{ kJ}$ . Mehr Infos entnehmen Sie der Dokumentation auf <https://ctan.org/pkg/siunitx?lang=de>. Auf <https://ctan.org/> lässt sich zu allen L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Paketen detaillierte Dokumentation finden.

Wenn wir an dieser Stelle Werte errechnet haben, geben wir diese auch ordnungsgemäß gerundet, inklusive Vertrauensbereich und Einheit an:

$$\lambda = (1,23 \pm 0,23) \text{ nm}$$

Und auch sowieso wird das Kommatrennzeichen gut erkannt, wie beim Beispiel  $0,1234$  bzw.  $2,00 \pm 0,12$  gut zu sehen ist. Auch Wertebereiche lassen sich so gut darstellen, wobei  $x$  Werte von  $10 \text{ cm}$  bis  $20 \text{ cm}$  annimmt. Natürlich können auch (längere) Listen, wie z.B.  $10 \text{ kg s}^{-2}$ ,  $20 \text{ kg s}^{-2}$ ,  $30 \text{ kg s}^{-2}$ ,  $40 \text{ kg s}^{-2}$  und  $50 \text{ kg s}^{-2}$ , sehr einfach dargestellt werden.

Dass es wichtig sein kann, auf reguläre bzw. kursive Schreibweise zu achten, lässt sich am Beispiel

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ N/A}^2 \quad \text{bzw.} \quad (3)$$

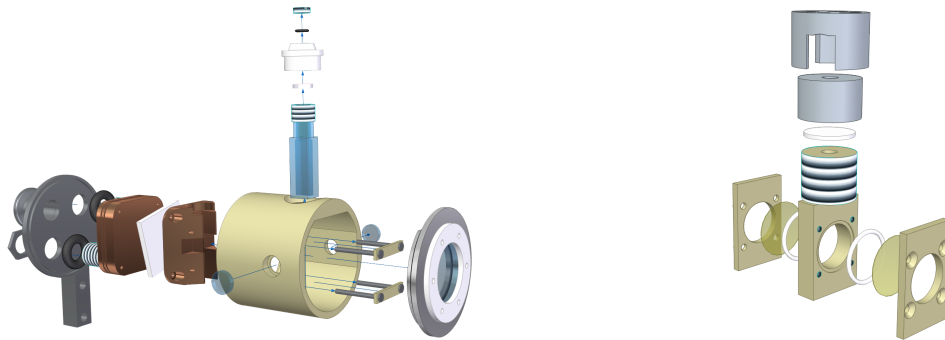
$$L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 A}{l} \quad (4)$$

gut erkennen. Hier ist  $\mu_0$  die magnetischen Feldkonstante.  $L$  beschreibt die Induktivität einer Spule der Länge  $l$  mit einer Querschnittsfläche  $A$  und  $N$  Windungen.

## 4.1. Unterabschnitt

Wichtig: Verweisen Sie immer auf die Abbildung, auf die Bezug genommen wird. Z. B.: In [Abbildung 1](#) sieht man den Aufbau eines Helium-Neon-Lasers aus Versuch O8.

Zwei Abbildungen nebeneinander sind in [Abbildung 2](#) dargestellt. In [Abbildung 2a](#) wird eine Explosionszeichnung eines Küvettenkryostats gezeigt und in [Abbildung 2b](#) die Explosionszeichnung einer Küvette für Tieftemperatur Röntgenabsorptionsmessungen an Beamline P64/P64 von PETRA III.



- (a) Der Kryostat besteht aus einem mit kaltem Ethanol durchflossenen Kupferblock, welcher die Wärme des darauf befestigten Peltier-Elements abführt. Das Peltierelement kühlt einen zweiten Kupferblock, der die Küvette umgreift und die darin befindliche Flüssigkeit auf unter  $-85^{\circ}\text{C}$  kühlt. Durch das Septum auf der Küvette können Flüssigkeiten oder Gase in die Probe innerhalb der Küvette eingeführt werden. Das Vakuum im Kryostaten verhindert Eisbildung auf der Glasoberfläche, um ein ungehindertes Eindringen des Laserstrahls in die Flüssigkeit zu ermöglichen.
- (b) Die XAS-Küvette besteht aus PEEK-Kunststoff, der von den verwendeten Lösungsmitteln nicht angegriffen wird. Abgeschlossen wird das Probenvolumen oben von einem mit Teflon beschichteten Septum und auf den Seiten von Kapton-Folie, die gegen Teflon O-Ringe gepresst wird. Die Probe kann in der entsprechenden Atmosphäre präpariert werden und durch das magnetische Adaptersystem auch im stark gekühlten Zustand unkompliziert und schnell an den Probenstab des Helium-Kryostaten an der Beamline befestigt werden, um ein Auftauen der Probe zu vermeiden.

**Abbildung 2:** Explosionszeichnungen verschiedener Systeme zur gekühlten Messung von Flüssigkeitsproben, die eine Sauerstoff- und Wasserarme Atmosphäre benötigen. [Abbildung 2a](#) zeigt einen Küvetten Kryostaten für ein Raman-Spektrometer und [Abbildung 2b](#) eine Küvette zur Messung in einem Helium-Kryostaten den den PETRA III Beamlines P64 und P65 [\[1\]](#).

Und so sieht eine Tabelle mit Überschrift! aus (siehe Tabelle 1). Dabei ist beim Referenzieren der `\autoref`-Befehl sehr zu empfehlen ist, weil dann die Referenz auf die Tabelle so aussieht: [Tabelle 1](#).

**Tabelle 1:** Tabellen bekommen Tabellenüberschriften und sollten keine vertikalen Begrenzerlinien haben. Wichtige Abschnitte werden über das **booktabs**-Paket mit `\toprule`, `\midrule` und `\bottomrule` abgetrennt. Komma als Dezimalzeichen, Punkt für Zifferngruppierung für 1000er Blöcke. Einheiten gehören **immer** dazu und können entweder durch einen Bruchstrich oder dem Trennwort „in“ angezeigt werden. Mit Hilfe des **makecell**-Pakets können bei Bedarf auch mehrzeilige Tabellenzellen erstellt werden.

$W/J$	$I/A$	$A/m^2$	$A$ in $m^2$	$A$ in $m^2$	$E/Vm^{-1}$	$E/(V/m)$	$E$ in $V/m$	$E$
1	1,0	10,0	10,0	10,0	0,1	0,1	0,1	0,1 V/m
2	1.050	17,5	17,5	17,5	0,2	0,2	0,2	0,2 V/m
3	521	13,0	13,0	13,0	0,3	0,3	0,3	0,3 V/m

Tabellen können auch ganz einfach mit dem *csvsimple*-Package aus CSV-Dateien erzeugt werden. Wichtig dabei ist, dass die erste Zeile in der CSV-Datei keine Leerzeichen enthalten darf, ansonsten funktioniert das Auslesen mit `\Spaltenname` nicht mehr und es muss `\csvcoli` verwendet mit römischen Zahlen für die Spaltennummer werden.

**Tabelle 2:** Fantasietafel mit tollen Werten

Label	Name	$X/kg\,m^2$	$C/A$	$V/m^3$	$UT^{-1}m^{-2}/VK^{-1}kg^{-2}$
a	Beispiel	838	663	683	1
b	Otter	353	215	192	2
c	Katze	79	79	117	3
d	Stirnlappenbasilisk	7	729	127	4

## 4.2. Runden nach DIN 1333

Zwar sollte immer mit ungerundeten Werten gerechnet werden, aber beim Niederschreiben der Ergebnisse, sollten diese sinnvoll gerundet werden, um die Übersichtlichkeit zu verbessern. Schlechte Formatierung und zu viele Nachkommastellen wirken dabei wie Rauschen auf den Daten, z. B. wenn im Fließtext so etwas wie  $v = 0,35673434565467$  Meter pro Sekunde mit einem Fehler von  $s_x = 0,023456734534567$  Meter pro Sekunde geschrieben steht. Stattdessen könnte auch eine übersichtliche Form wie

$$v = (0,357 \pm 0,024) \text{ m/s}$$

genutzt werden. Auch in Tabellen ist das Darstellen von zu vielen Nachkommastellen unerwünscht! Es gibt verschiedene Normen zum Runden. Eine davon (recht einfache) ist die DIN 1333, welche in drei simplen Schritten abläuft. Gegeben sei ein Wert  $x$  mit einer Unsicherheit von  $\Delta x$ , dann:

1. Rundestelle finden. Die Rundestelle ist die erste von 0 verschiedene Ziffer  $z$  der Unsicherheit  $\Delta x$ . Sollte  $z$  eine 1 oder 2 sein, dann eine Stelle rechts daneben, jedoch nie mehr als 2 Stellen.
2. Der Fehler wird **immer** aufgerundet.
3. Der Wert wird an der Rundestelle gerundet: Bei 0 bis 4 wird abgerundet, bei 5 bis 9 wird aufgerundet.

Hierzu einige Beispiele in denen die Rundestelle unterstrichen dargestellt und korrekt gerundet wurde:

$$x = (1, 23456 \pm 0, \underline{3}4567) \text{ m} \approx (1,2 \pm 0,4) \text{ m} \quad (5)$$

$$x = (0, 0001234567 \pm 0, 00000\underline{3}45) \text{ m} \approx (123 \pm 4) \mu\text{m} \quad (6)$$

$$x = (1, 234567 \pm 0, 02\underline{3}4567) \text{ m} \approx (1235 \pm 24) \text{ mm} \quad (7)$$

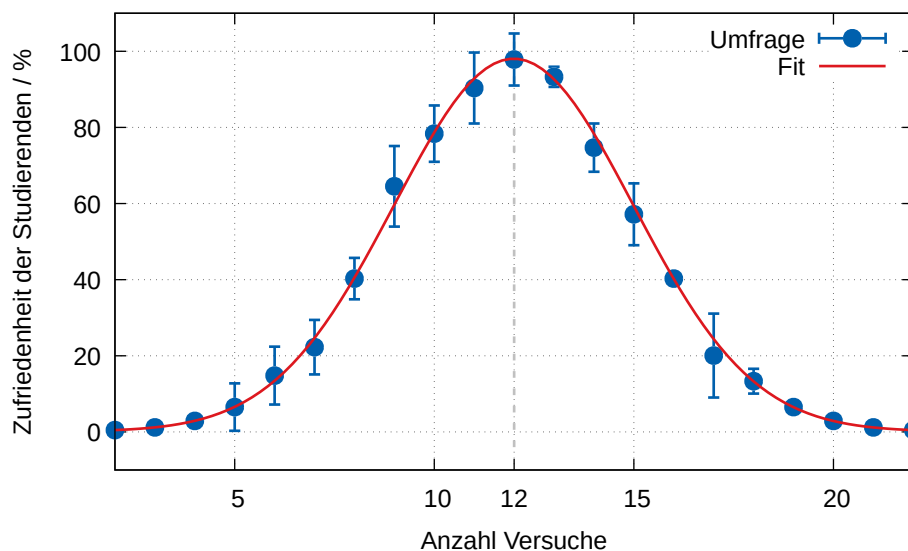
$$x = (12, 3456 \pm 1, \underline{1}4567) \text{ m} \approx (12,3 \pm 1,2) \text{ m} \quad (8)$$

$$x = (1234, 567 \pm \underline{7}45, 67) \text{ m} \approx (1,2 \pm 0,8) \text{ km} \quad (9)$$

$$x = (0, 1234567 \pm 0, 00099\underline{5}67) \text{ m} \approx (123,5 \pm 1,0) \text{ mm} \quad (10)$$

Besonders bemerkenswert sind hierbei die letzten 2 gerundeten Unsicherheiten. In [Gleichung 9](#) wurde die Zehnerpotenz absichtlich verschoben, um Nullen zu vermeiden (also 0,8 km anstatt von 800 m), die keine Informationen tragen. Hingegen wurde im letzten Beispiel ([Gleichung 10](#)) gerundet eine Null mitgeführt, welche Information trägt und die Rundestelle erhält (sonst würde sie künstlich nach links verschoben werden).

### 4.3. Plotten von Messdaten



**Abbildung 3:** Eine Umfrage unter den Studierenden hat ergeben, dass bei 12 Versuchen der Sweet-Spot in der Anzahl der durchzuführenden Versuche liegt. Sowohl bei weniger als auch bei mehr als 12 Versuchen, sinkt die Zufriedenheit stark. Die Fitparamater für die Gauß-Funktion sind  $A=100,22$ ;  $\sigma=3,00$ ;  $\mu=11,99$  mit einem y-Offset von 0,098. Wenn man einmal vom Wahrheitsgehalt dieser Grafik absieht, zeigt sie dennoch, wie ein schöner Plot aussieht. Die Messdaten sind mit Fehlerbalken versehen, die Messpunkte sind nicht verbunden, da es keine sinnvollen Werte für die Größe der x-Achse dazwischen geben kann. Die Achsen sind sinnvoll beschriftet und sinnvoll skaliert, so dass die Messdaten den maximalen Raum einnehmen. Ein Gitter hilft beim schnelleren Ablesen. Einheiten wurden dort verwendet, wo sie notwendig sind. Die Beschreibung (Legende) der Messdaten ist in der Abbildung und weist keine unnötigen Boxen auf. Farblich unterscheiden sich die zwei Kurven merklich. Der wichtigste Punkt, das Maximum der Kurve, wurde nochmal extra mit einer dezenten gestrichelten Linie und einem extra Tick auf der x-Achse markiert.

## 5. Diskussion

Diskussion der physikalischen Ergebnisse. Vergleich mit den theoretischen Erwartungen, Fehlerdiskussion.

Größen von zentraler Bedeutung, welche bestimmt wurden, sollten hier noch einmal abgesetzt, korrekt gerundet und mit relativem Fehler dargestellt werden. Beispielfhaft könnte dies wie folgt aussehen:

Die Lichtgeschwindigkeit wurde nach der Imaginärmethode zu

$$c = (2,8 \pm 0,4) \times 10^8 \text{ m/s} \quad (\pm 15\%)$$

bestimmt. Der Literaturwert  $c_{\text{Lit}} = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  liegt innerhalb des Vertrauensbereiches unserer Messung, was auf realistische Fehlerabschätzung schließen lässt.

## 6. Zusammenfassung

Wiederholung/Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse des Versuchs sowie deren Einordnung. Eventuell Ausblick.

## Literatur

- [1] Ramona Jurgeleit, Benjamin Grimm-Lebsanft, Benedikt Maria Flöser, Melissa Teubner, Sören Buchenau, Laura Senft, Jonas Hoffmann, Maria Naumova, Christian Näther, Ivana Ivanović-Burmazović, Michael Rübhausen, and Felix Tuczek. Catalytic oxygenation of hydrocarbons by mono- $\mu$ -oxo dicopper(ii) species resulting from o-o cleavage of tetranuclear cui/cuii peroxo complexes. *Angewandte Chemie International Edition*, 60(25):14154–14162, 2021.

## **A. Anhang**

Hierhin gehören die unterschriebenen Originalmessprotokolle und weitere Tabellen, die nicht für das Verständnis des Protokolls essentiell sind.

## B. Änderungsprotokoll der Vorlage

### Version 1.1.2 - März 2025

- siunitx Befehle auf Version 3 aktualisiert

### Version 1.1.1 - Dezember 2024

- Rechtschreibfehler in der Präambel korrigiert
- Tikz-Packages aus der Präambel entfernt

### Version 1.1.0 - März 2024

- TikZ-Grafik für den He-Ne-Laser der Einfachheit halber durch Bilddatei ersetzt
- Beispiel-Plot in den Ergebnissen ergänzt
- Unterschriebene Originalmessprotokolle nun verpflichtend im Anhang
- Siunitx um Einstellung „`separate-uncertainty = true`“ erweitert und Paket-Optionen statt `sioptions` verwendet - Anatoli
- Runden nach DIN 1333 erklärt - Anatoli
- Bildunterschriften nicht kursiv - Anatoli
- Tabellenkopfzeile überarbeitet für richtige Darstellung der Einheiten - Anatoli
- Verwendung von `autoref` statt `ref` - Anatoli

### Version 1.0.2

- Wichtigste Zahlenwerte statt keine Zahlenwerte im Abstract

### Version 1.0.1

- Nur Tabellenrandlinien sind `top` und `bottom rule`

### Version 1.0

- Erste Version dieses Dokuments
- Angepasst an die digitale Abgabe
- Protokollhinweise modernisiert