

# Vorbesprechung MNF-phys-NF1: Physik für Naturwissenschaftler - Praktikum

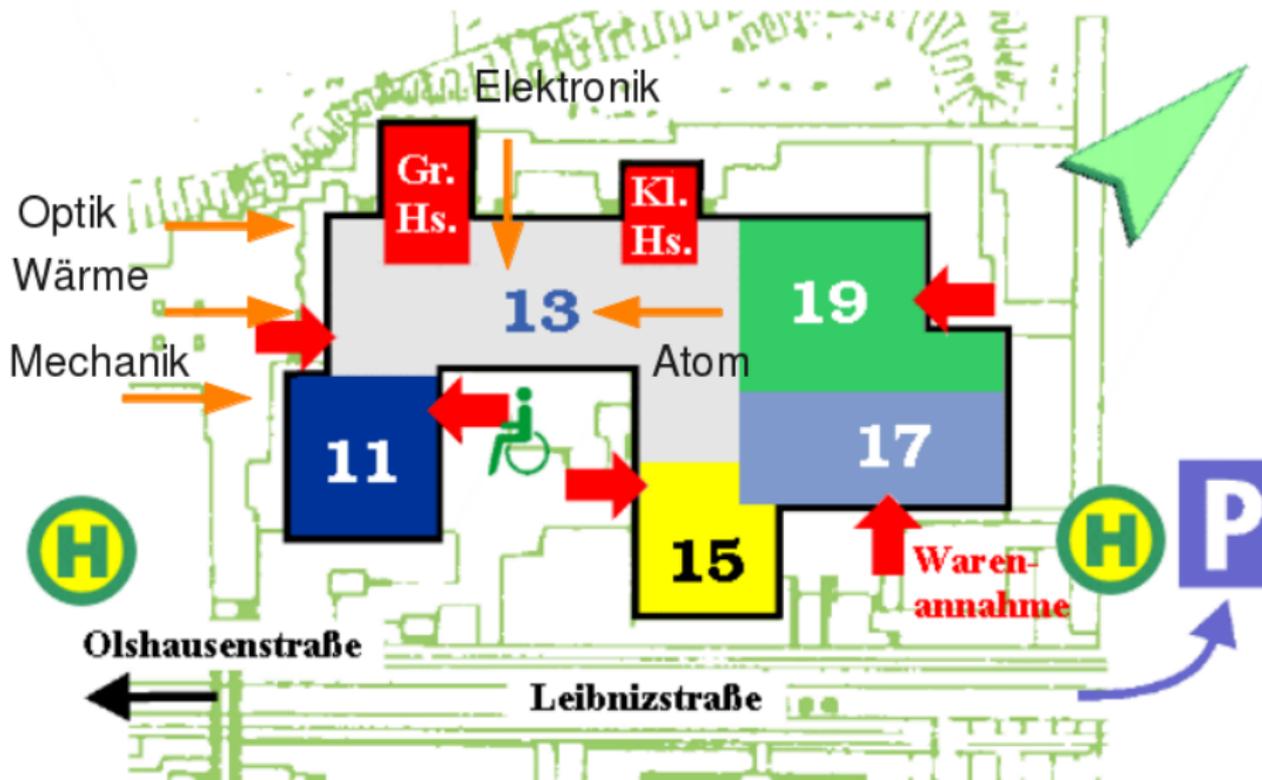
Christian T. Steigies

Institut für Experimentelle und Angewandte Physik  
Abteilung Extraterrestrische Physik  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Kiel, Germany

Kiel, 04. April 2023

- Physik für Naturwissenschaftler - Praktikum
- Anmeldung zur Modulprüfung (1. Praktikumstermin)
- Anerkennung: Antrag beim Prüfungsamt Physik
- 10 Versuche aus den Bereichen Mechanik, Elektrizität, Atomphysik, Optik, Wärmelehre (nur Geo, WiChe; alte PO)
- neue PO: Biologen und Chemiker **nach bestandener Physikübung**: keine Wärmelehre (8 Versuche)
- Versuchsanleitungen und Termine online im OLAT und: [www.ieap.uni-kiel.de/lehre/nebenfach/praktika/nfprakt/](http://www.ieap.uni-kiel.de/lehre/nebenfach/praktika/nfprakt/)
- zu jedem Versuch schreibt **jeder** Teilnehmer ein eigenes Protokoll  
(Protokoll = Prüfungsleistung, Arbeit in Zweiergruppen ok)
- alle Versuche rechtzeitig testiert: Modul bestanden

## Praktikumsräume Nebenfachpraktikum



- Mechanik LS11 7a, 7b
  - Elektrizität LS13 1
  - Atomphysik LS13 46b
  - Optik LS13 11
  - Wärmelehre LS13 23
- 
- Listen vor dem Gr. HS.

# Prüfungs(vor)leistungen

- **ausgedruckte** Versuchsanleitungen mitbringen
- Regelmäßige Teilnahme (Attest bei Krankheit, bei anderen Gründen muss **vorher** ein formloser Antrag beim PA gestellt werden), zeitnah Nachholtermin vereinbaren!
- Rücktritt ohne Nachweis triftiger Gründe nicht möglich. Bei Abbruch der Praktikumsteilnahme gilt die Prüfung als nicht bestanden. ⚡
- ein oder zwei Versuche durchgeführt aber nicht testiert: bestandene mündliche Prüfung am Ende des Praktikums ersetzt max 2 fehlende Testate
- mehr als zwei Versuche nicht testiert oder mündliche Prüfung nicht bestanden: Modul nicht bestanden ⚡
- nicht regelmäßig teilgenommen: nicht zugelassen zur Modulprüfung ⚡
- Unerlaubte Hilfsmittel: alte Protokolle, Smartphone, Tablet, Laptop, o.ä.
- Plagiat: Modul nicht bestanden ⚡
- **Prüfungsleistung: alle Testate erhalten → bestanden**

# Warum sind keine Tablets erlaubt?

- Tablets verleiten zum Abschreiben aus alten Protokollen
- Richtlinie der CAU zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis
- <https://www.uni-kiel.de/de/forschung/integritaet-ethik>
- „Wir wussten nicht, ob die Daten gut sind“
- „Die anderen machen das ja auch“
- → Ziel des Praktikums nicht verstanden
- es gibt keine „falschen“ Messwerte
- ungeschickte Messungen erfordern mehr Aufwand bei der Auswertung
- bei (Mess-)Schwierigkeiten: Betreuis fragen

- Pünktlich erscheinen, Vorbereitet sein (**Einleitung fertig**), sonst keine Teilnahme möglich
- im Labor nicht essen, nicht trinken, nicht rauchen, nicht schminken (Strahlenschutz!)
- geschlossene Schuhe, lange Hosen (Laborarbeit!)
- bei Problemen: Assistenten oder Hiwi fragen
- Defekte Geräte, Fehler in den Anleitungen bitte melden
- Laborbuch führen: Schnellhefter mit allen Protokollen
- Jeder Student schreibt ein eigenes Protokoll (Zusammenarbeit in der 2-er Gruppe ok)
- Taschenrechner, Millimeterpapier, Lineal, Geodreieck
- sorgfältiges Protokoll (lesbar, Rand lassen für Korrekturen, Schönschrift nicht notwendig), keine Schmierzettel!  
Alle Notizen und Nebenrechnungen sind Teil des Protokolls
- Protokoll mit Kugelschreiber, Zeichnungen mit Bleistift
- Fehler durchstreichen, kein TipEx, o.ae.!

- **(kurze) Einleitung muss (zu Hause) vorbereitet werden**, Versuchsaufbau, Durchführung und Messergebnisse nicht! Zusatzfragen *können* vorbereitet werden
- Protokoll am Versuchstag abgeben, auf Korrektur warten!
- Fehlerhaftes oder unvollständiges Protokoll: Vortestat
- innerhalb der Frist (1 Woche) korrigiert: Testat
- bei Problemen: Betreuende fragen (email, OLAT)
- ansonsten: Fehltestat ✘
- nicht zu korrigierende Fehler (keine Messwerte): FT ✘
- mündliche Prüfungen 10.-22.07.2023 (Prüfungszeitraum) nach Absprache andere Termine bis Ende Sommersemester (30.09.2023) möglich

# Musterinhalt des Protokolls

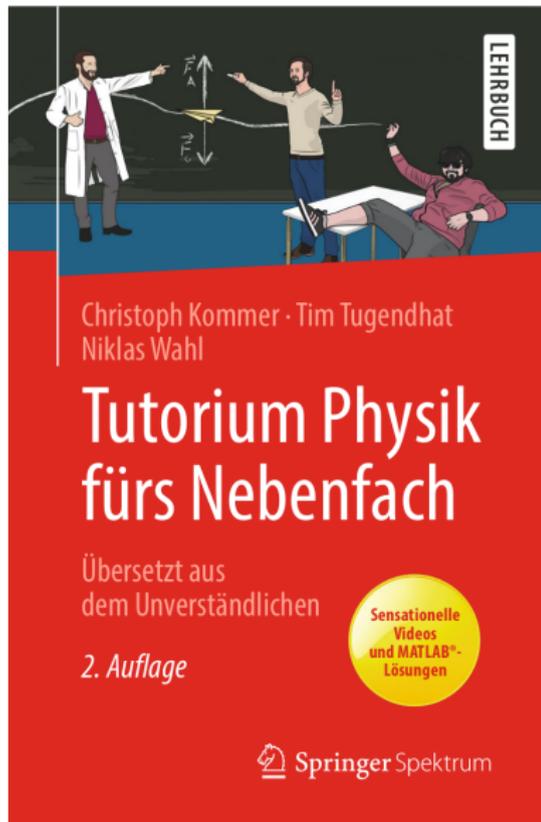
Das an einem Praktikumstag anzufertigende Protokoll sollte folgende Punkte beinhalten:

- Versuch, Name, Datum
- Kurze Einführung mit Formeln (**zu Hause vorbereitet!**)  
**keine Einleitung: nicht vorbereitet** → **Fehltestat** ⚡
- Versuchsaufbau (Beschreibung und Skizze)
- Versuchsdurchführung und Meßwerte, Graphik (Beschriftung)
- Auswertung und Diskussion der Ergebnisse
- Fehlerrechnung falls gefordert
- selbständige Beantwortung aller Fragen

Ein ausführliches Musterprotokoll findet sich zB in:

Kommer C., Tugendhat T., Wahl N. (2019) **Universitätsbibliothek**

Beispielversuch: Messung der Elementarladung. In: Tutorium Physik fürs Nebenfach. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg



## 27 Beispielversuch: Messung der Elementarladung

### Übersicht

27.1 Versuchsbeschreibung .....	758
27.2 Vorbereitung und Einleitung .....	762
27.3 Durchführung .....	764
27.4 Auswertung .....	766
27.5 Diskussion .....	773

*Elementary, my dear Watson!*

*Sherlock Holmes*

In diesem Kapitel wollen wir nun einen typischen Versuch mit euch durchgehen. Zu diesem Zweck haben wir einen nicht allzu umfangreichen Versuch gewählt, und zwar die *Bestimmung der Elementarladung nach Millikan*. Letzterer wurde unter anderem hierfür im Jahr 1923 mit dem Physiknobelpreis belohnt. Denn zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung war eben noch nicht klar, dass es so etwas wie eine Elementarladung überhaupt gibt. Stattdessen gingen viele Physiker in der Elektrodynamik noch von Ladung als kontinuierliche Variable aus. Mit diesem Versuch konnte zum ersten Mal gezeigt werden, dass Ladung nur als Vielfaches der Elementarladung auftritt, also *quantisiert* ist. Für damalige Verhältnisse revolutionär und des Nobelpreises würdig.



zum Video<sup>1</sup>

Zwar gehört dieser Versuch nicht unbedingt zum Standardrepertoire der diversen Praktika für Nebenfächler (wir wollen ja auch nicht, dass ihr aus diesem Buch

<sup>1</sup> <https://www.physiktutorium.de/videos/praktikum1>

# Tutorium Physik fürs Nebenfach

Physikalische Größe	Name der Einheit	Symbol	Definition
Länge	Meter	m	Ein 299792458-ter der Strecke, die Licht im Vakuum in einer Sekunde zurücklegt.
Zeit	Sekunde	s	Die Dauer von 9.192.631.770 Perioden der Strahlung, die dem Übergang der beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustands von Caesium-133 entspricht.
Masse	Kilogramm	kg	Das aus der Quantenmechanik stammende Planck'sche Wirkungsquantum $h$ ist auf $6.62607015 \cdot 10^{-34} \text{ s} / (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$ festgelegt; durch die Definitionen von Meter und Sekunde ist damit auch das Kilogramm genau bestimmt.
Elektrischer Strom	Ampere	A	Diejenige Stromstärke, die durch einen Fluss von einer Elementarladung $e$ in einer Sekunde beschrieben wird.
Temperatur	Kelvin	K	Eine Temperatur, deren Energiegehalt $1,380649 \cdot 10^{-23} \text{ J}$ ( $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$ ) beträgt.
Stoffmenge	Mol	mol	Diejenige Stoffmenge, die aus exakt $N_A = 6.02214076 \cdot 10^{23}$ Teilchen besteht.
Lichtstärke	Candela	cd	Die Intensität einer Lichtquelle, die monochromatisch (also mit genau einer einzigen Lichtfrequenz) bei $540 \cdot 10^{12}$ Hertz leuchtet und deren Energiedichte $1/683 \text{ W}$ pro Steradian ist, entspricht 1 cd.

Tab. 1.1: Die SI-Basiseinheiten mit den neuen Definitionen der Basiseinheiten seit dem 20. Mai 2019.

Faktor	Name	Symbol	Faktor	Name	Symbol
$10^1 = 10$	Deka-	da	$10^{-3} = 0,1$	Dezi-	d
$10^2 = 100$	Hekto-	h	$10^{-2} = 0,01$	Zenti-	c
$10^3 = 1000$	Kilo-	k	$10^{-3} = 0,001$	Milli-	m
$10^6 = 1.000.000$	Mega-	M	$10^{-6} = 0,000001$	Mikro-	$\mu$
$10^9$	Giga-	G	$10^{-9}$	Nano-	n
$10^{12}$	Tera-	T	$10^{-12}$	Piko-	p
$10^{15}$	Peta-	P	$10^{-15}$	Femto-	f
$10^{18}$	Exa-	E	$10^{-18}$	Atto-	a
$10^{21}$	Zetta-	Z	$10^{-21}$	Zepto-	z
$10^{24}$	Yotta-	Y	$10^{-24}$	Yocto-	y

Tab. 1.2: Einheitenpräfixe.

Dabei muss man darauf achten, nicht den Bezug zur Größe einer Zahl zu verlieren. Unser Universum ist etwa 13,7 Milliarden Jahre alt. Das sind ungefähr  $432.339.120.000.000.000$  Sekunden. Diese Zahl klingt imposanter als  $0,4 \cdot 10^{18} \text{ s}$  oder gar „knapp eine halbe Exasekunde“, was alles mathematisch das Gleiche ist. So verhält sich eine Sekunde (1 s) zum Alter des Universums ( $0,4 \cdot 10^{18} \text{ s}$ ) ungefähr so wie eine Attosekunde ( $1 \cdot 10^{-18} \text{ s}$ ) zur Sekunde. Einige Attosekunden lang sind auch die kürzesten Laserpulse, die in der modernen Physik erzeugt werden können. Man muss sich also im Klaren sein, was Größenordnungen bedeuten. Unser intuitives Verständnis hat oft Probleme, mit solch großen oder kleinen Zahlen zurechtzukommen.

Ein weiteres Beispiel ist die Avogadro-Zahl,  $N_A \approx 6.022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Eine Stoffmenge, die  $6.022 \cdot 10^{23}$  Teilchen besitzt, heißt 1 mol. Bis zur Neudefinition der SI-Einheiten 2019 (siehe Tabelle 1.1) stand geschrieben, dass 1 mol Kohlenstoff ( $^{12}\text{C}$ ) eine Masse von genau 12 g haben sollte – das hing auch irgendwie mit der atomaren Massenzahl zusammen, die neben dem Elementsymbol im Periodensystem der Elemente steht. Darauf kommen wir aber später im Buch noch mal zu sprechen. Dieses  $N_A$  ist eine unvorstellbar große Zahl und trotzdem in der Chemie allgänglich. Um einen Kontext für diesen Faktor von  $10^{23}$  zu geben, stelle man sich alle Sterne in der Milchstraße vor: das sind so ca. 200 Milliarden, also  $2 \cdot 10^{11}$ . Man geht davon aus, dass es im beobachtbaren Universum ca. 100 Milliarden Galaxien gibt. Unter der Annahme, dass diese aus ungefähr so vielen Sternen wie die Milchstraße bestehen, kommen wir auf  $100 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{11}$  Sterne, also ca.  $2 \cdot 10^{22}$  Sterne. Im gesamten Universum. Diese Zahl ist immer noch um einen Faktor 30 kleiner als die Anzahl von Kohlenstoffatomen in läppischen 12 Gramm Kohlenstoff.

Ein anderer Vergleich wären die Verbindungen zwischen den Neuronen in einem menschlichen Hirn, die Synapsen genannt werden. Das sind nicht wenige, im Durchschnitt sind es 100 Billionen pro Erwachsenen-Gehirn, also  $1 \cdot 10^{14}$ . Zurzeit leben auf unserem Planeten um die 7,5 Milliarden Menschen, also  $7,5 \cdot 10^9$ . Rechnen

- sorgfältiges Protokoll (lesbar, Rand lassen für Korrekturen, Schönschrift nicht notwendig), keine Schmierzettel!  
Alle Notizen und Nebenrechnungen sind Teil des Protokolls
- Protokoll mit Kugelschreiber, Zeichnungen mit Bleistift
- Fehler durchstreichen, kein TipEx, o.ae.!
- Beschreibung des Versuchsaufbaus, Versuchsziele, Ergebnisse, Auswertung
- Taschenrechner, Millimeterpapier, Lineal, Geodreieck

# Auswertung:

- Messwerte auf Millimeterpapier auftragen, Papier ausnutzen, Achsenskalierung!
- Grafik beschriften: Titel, Achsen, Legende
- Ausgleichsgerade (Abstand zu den Messwerten minimieren, **nicht** durch zwei Messwerte legen)
- **grosses** Steigungsdreieck, Steigung ablesen, Einheiten!
- Abschätzung der Messunsicherheit

# Vorrausgesetzte Kenntnisse:

- Gleichungen umformen
- Bruchrechnung
- Logarithmen
- Differentialrechnung, Fehlerfortpflanzung
- Statistik (Mittelwert, Standardabweichung)
- Bedienung des Taschenrechners

Fehlerabschaetzung\_und\_Fehlerrechnung.pdf

- Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

- Fehler der Einzelwerte (Standardabweichung der Einzelwerte), auf dem Taschenrechner:  $\sigma_{n-1}$

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

- Fehler des Mittelwertes (Standardabweichung des Mittelwertes):  $\sigma_{n-1}/\sqrt{n}$

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

Physikalische\_Groessen\_und\_Einheiten.pdf

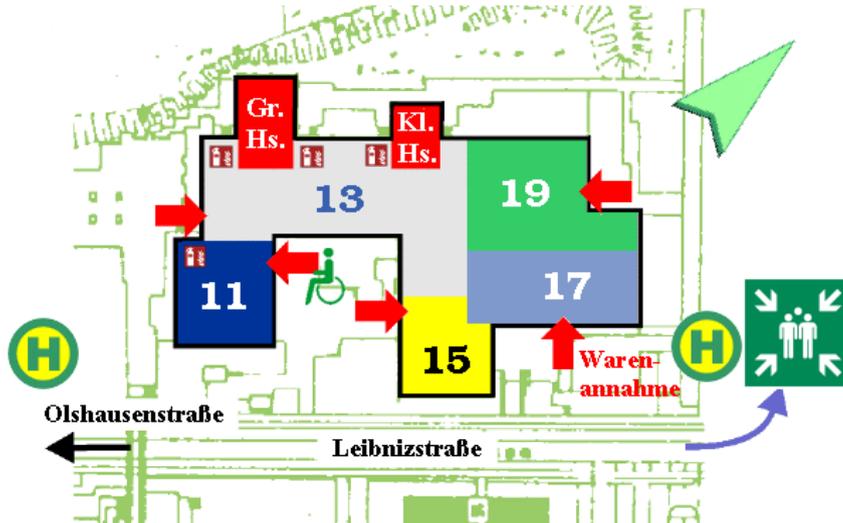
- (Fast) jede Messgrösse hat eine Einheit: m, kg, s, SKT, ...
- in Tabellen, Graphiken: Länge  $s$  / m, Zeit  $t$  / s
- oder: Länge  $s$  in m, Zeit  $t$  in s
- nicht:  ~~$s[m]$~~ ,  ~~$t[s]$~~ , siehe DIN 1313, DIN 461
- Endergebnis sinnvoll runden (Messgenauigkeit), z. B. :  
 $v = 3.14 \text{ m/s}$
- nicht alle Stellen vom Taschenrechner abschreiben:  
 $v = 3.141592654 \text{ m/s}$

- Versuchsanleitungen auf der Praktikumswebseite  
<http://www.ieap.uni-kiel.de/lehre/nebenfach/praktika/nfprakt/>
- Universitätsbibliothek, zB (einige auch als PDF):
- Tutorium Physik fürs Nebenfach, *Kommer, Tugendhat, Wahl*
- Das Neue Physikalische Grundpraktikum, *Eichler, Kronfeldt, Sahn*
- Physikalisches Praktikum, *Schenk*
- Praktikum der Physik, *Walcher*
- Experimentalphysik, *Demtröder*
- Anleitung für Taschenrechner, zB Casio FX82, FX991
- <https://support.casio.com/de/manual/manuallist.php?cid=004>

- im Labor nicht essen, nicht trinken, nicht rauchen, nicht schminken (Strahlenschutz!)
- geschlossene Schuhe, lange, anliegende Hosen (auch im Sommer!)
- Notausschalter in allen Räumen, 230 V Steckdosen
- Mechanik: Gasflaschen werden **nur** von Betreuern bedient
- Elektrizität: Spannungen, Ströme
- Atomphysik: Franck-Hertz: heiße Oberflächen, beta-Strahler, Röntgengerät (→ StrlSch Unterweisung)
- Optik: Laserstrahlung (Laser Klasse 2) nicht in den Laser schauen, Reflektionen vermeiden
- Wärmelehre: Glas, heiße Oberflächen, Wasserkocher (Handschuhe)

# Feuer!

## Verhalten im Brandfall



**Brandschutzordnung (Teil A)**

Brände verhüten  
Offenes Feuer verbieten

Verhalten im Brandfall

Ruhe bewahren

Brand melden  Notruf 0-112

In Sicherheit bringen  Gefährliche Personen warnen, Hilfeeinrichtungen benutzen  
Türen schließen  
Gegenschichten  
Fluchwege freierhalten  
Keinen Aufzug benutzen  
Auf Anweisungen achten

Löschversuch unternehmen  Feuerlöscher benutzen

Brandschutzordnung nach DIN 14636

Feuerlöscher bei den Hörsälen, vor dem Optik und Mechanik Praktikumsräumen

Bei Feueralarm Gebäude auf direktem Weg verlassen, keine Aufzüge benutzen

Sammelplatz bei der Buswartestelle Botanischer Garten

Nicht während der Gebäuderäumung nach Hause gehen