

# Physikalisches Grundpraktikum I / II

Dr. Henning Gast und Dr. Thomas Kirn

Wintersemester 2022/23



# Lernziele des Praktikums

- Im Grundpraktikum sollen Sie lernen
  - wie man Experimente aufbaut und durchführt,
  - wie man experimentelle Daten aufzeichnet,
  - wie man experimentelle Daten auswertet,
  - wie man Messunsicherheiten statistischer und systematischer Natur behandelt,
  - wie man die Ergebnisse im Rahmen von physikalischen Modellen bewertet und interpretiert,
  - wie man Vorgehen und Ergebnisse wissenschaftlich kommuniziert.
- Das Praktikum baut auf den Vorlesungen zur Experimentalphysik I und II (und III) sowie zur Datenverarbeitung in der Physik auf.

# Orientierung am Berufsleben

- Das Praktikum orientiert sich an den typischen Arbeitsabläufen eines Physikers:
  - ein Experiment aufbauen und Messungen daran durchführen,
  - elektronische Datennahme,
  - Datenanalyse mit selbstgeschriebenen Computerprogrammen unter Einsatz einer modernen Programmiersprache,
  - Ergebnisse zusammenschreiben.

# Zeitlicher Ablauf eines Versuchstags (Block)

1. Tag	08:30 – 09:30 Uhr	Vorbesprechung mit dem Versuchsbetreuer.
	09:30 – 13:00 Uhr	Versuchsaufbau und -durchführung in Zweierteams; Erstellen des Messprotokolls; erste Auswertung; Rückgabe des Versuchsaufbaus.
1. Tag 2./3. Tag	Nachmittag	Anfertigung des Versuchsprotokolls im Zweierteam.
4. Tag	<b><u>08:00 Uhr</u></b>	Abgabefrist für das Versuchsprotokoll im Moodle.
4. Tag		Vorbereitung auf den nächsten Versuch.

# Sprechstunde (Block)

- Für Fragen und Diskussion rund um die Versuchsdurchführung und die Auswertung der Daten ebenso wie um Korrektur und Bepunktung des Protokolls richten die Betreuer eine Zoom-Sprechstunde ein.
- Termin und Verbindungsdaten werden Ihnen auf den Bewertungsbögen von den Betreuern mitgeteilt.

# Einteilung der Betreuer

Physikalisches Grundpraktikum Teil I,II, WS22/23 27.02.23 - 31.03.22

Einführungsveranstaltungen		Betreuungszeit
allgemeiner Teil		
H. Gast, Th. Kirn		27.02.
Vormittags		08:30 - 13:00 Uhr
Raum 212: G. Schwering / S. Chouridou		28.02. - 03.03.
Raum 211: T. Oeser / H. Jage		28.02. - 03.03.
Raum 209: H. Gast		28.02. - 03.03.
Raum 208: Th. Kirn		28.02. - 03.03.

## Teil I

Mechanik, Raum MBP2 212	Betreuungszeit, -datum
Vormittags	08:30 - 13:00 Uhr
G. Schwering	06.03.- 31.03.
S. Chouridou	06.03.- 31.03.
Akustik, Raum MBP2 211	Betreuungszeit, -datum
Vormittags	08:30 - 13:00 Uhr
T. Oeser	06.03.- 21.03. (abwesend 20.03. - 24.03.)
J. Deiters	16.03.- 31.03.

Elektrizitätslehre I, Raum MBP2 209	Betreuungszeit, -datum
Vormittags	08:30 - 13:00 Uhr
H. Gast	06.03.- 31.03. (abwesend 20.03. - 24.03.)
H. Jage	06.03.- 21.03. (abwesend 20.03. - 24.03.)
Th. Siedenburg	16.03. - 31.03.

Elektrizitätslehre II, Raum MBP2 208	Betreuungszeit, -datum
Vormittags	08:30 - 13:00 Uhr
Th. Kirn	06.03. - 31.03. (abwesend 09.03. + 10.03.)
J.-M. Basels	09.03. + 10.03.
S. Schmitt	06.03. - 21.03. (abwesend 20.03. - 24.03.)

## Teil II, Raum MBP2 207

Atomphysik, Optik I, Optik II, E-Lehre	Betreuungszeit, -datum
Vormittags	08:30 - 13:00 Uhr
J. Heuel	Atomphysik (28.02. - 03.03.)
J. Heuel	ELehre (16.03. - 21.03.)
C. v. Byern	Optik I (06.03. - 09.03.)
C. v. Byern	Optik II.(10.03. - 15.03.)
C. H Chung	28.02. - 27.03.

# Moodle-Lernraum



- Ankündigungen
- Anleitungsmappen
- Protokollvorlagen
- Bewertungsbögen
- Feedbacks
- elektronische  
Protokollabgabe

Achtung:  
Moodle-Update am  
2. März

# Versuchsnummerierung

Beispiel für eine Versuchsnummer:

1



Teil I  
oder  
Teil II

M



Versuchsgebiet  
A Akustik  
E E-Lehre  
M Mechanik  
T Thermo-  
dynamik usw.

2

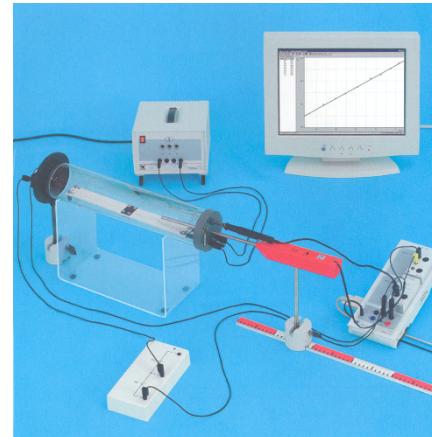
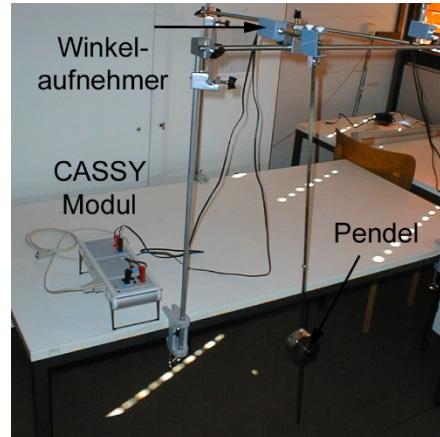


Versuch  
(hier:  
Schwingungen  
gekoppelter Pendel)

# Versuchsgebiete im Teil I

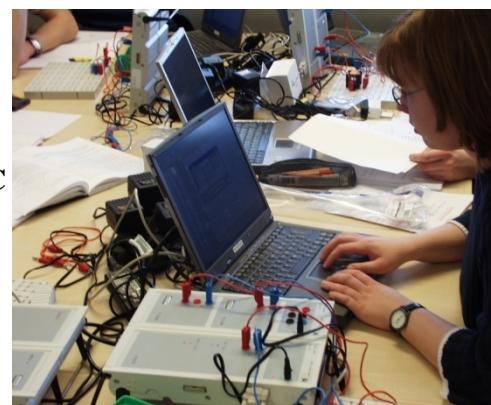
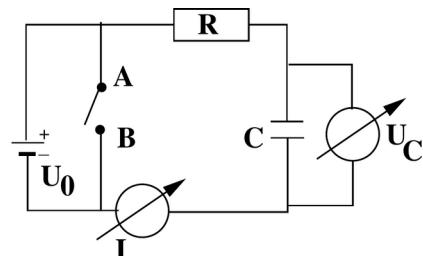
## Mechanik MPB2 212

**1M1** Messung der Erdbeschleunigung mit dem Pendel



## Elektrizitätslehre I MPB2 209

**1E1** Ladekurven eines Kondensators mit Cassy und Oszilloskop (Vorversuch: R)



## Akustik MPB2 211

**1A3** Bestimmung des E-Moduls von Metallen

## Elektrizitätslehre II MPB2 208

**1E3** Gekoppelte LC-Schwingkreise

# Versuchsliste zum Physikalischen Grundpraktikum Teil I

Kapitel in  
Anleitung



Versuchsnr. Versuchsbeschreibung

## Mechanik

1.1	1M1	Messung der Erdbeschleunigung mit dem Pendel
1.2	1M2	Schwingungen von gekoppelten Pendeln
1.3	1M3	Trägheitsmomente
1.4	1M4	Fallversuch mit Digital-Zähler und Oszilloskop

## Akustik

2.1.2, 2.1.3	1A1	Schallgeschwindigkeit in Luft über Laufzeitmessung mit Cassy und Oszilloskop
2.1.2, 2.1.4.1, 2.1.6.2	1A2	Schallgeschwindigkeit in Luft über Vermessung einer stehenden Welle
2.2	1A3	Bestimmung des E-Moduls von Metallen
2.3	1A4	Physik der Gitarre: Schwebungen, Bestimmung der Saitenspannung, Obertonspektrum

## Thermodynamik

3.1	1T1	Dampfdruckkurve von Wasser
3.2	1T2	Adiabatenkoeffizient nach Rüchardt
3.3	1T3	Gasgesetze

## Elektrizitätslehre

4.1, 4.2	1E1	Ladekurven eines Kondensators mit CASSY und Oszilloskop (Vorversuch: Ohmscher Widerstand)
4.3	1E2	Gedämpfter LC-Schwingkreis
4.4	1E3	Gekoppelte LC-Schwingkreise

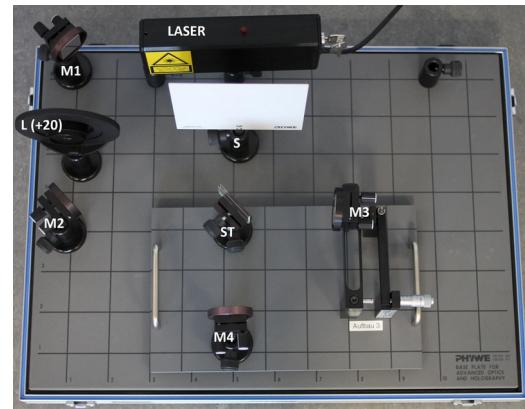
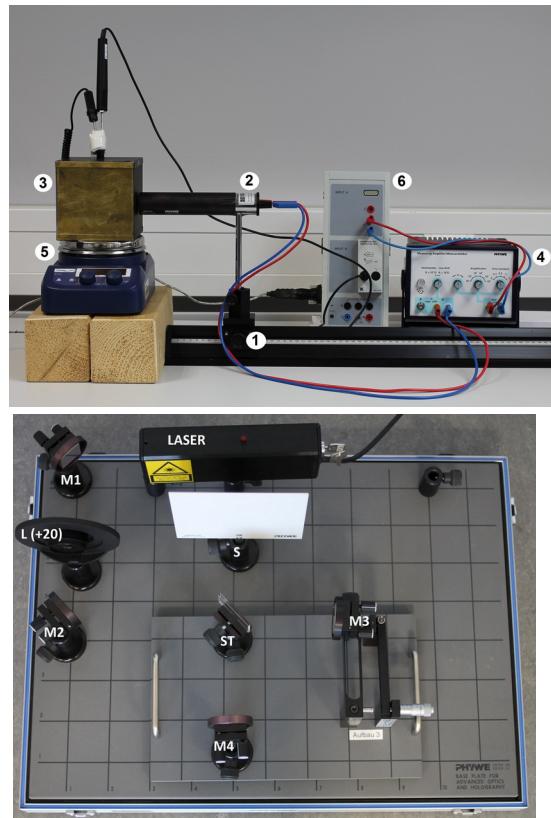
# Versuchsgebiete im Teil II

**Atomphysik**  
MPB2 207

**2A1 Temperaturstrahlung**

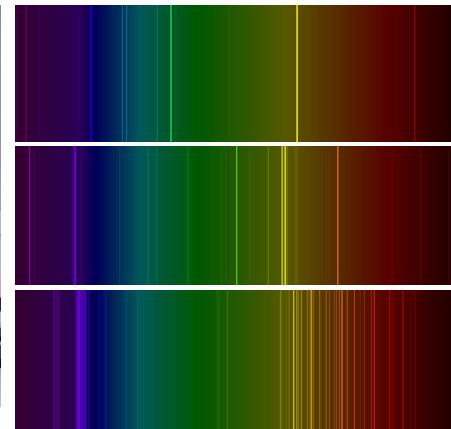
**Optik II**  
MPB2 207

**2O3 Michelson-Interferometer**



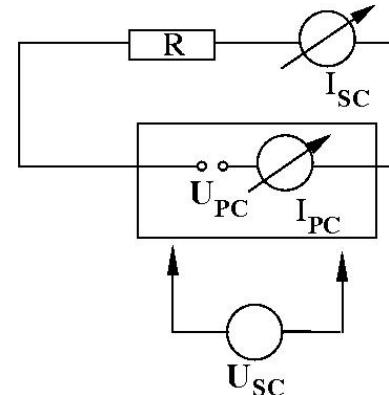
Dr. Henning Gast  
Dr. Thomas Kirn

Wintersemester 2022/23



**Optik I**  
MPB2 207

**2O1 Prismenspektrometer**



**Elektrizitätslehre**  
MPB2 207

**2E1 Serienschwingkreis von L, R und C mit Cassy und Oszilloskop**

# Versuchsliste zum Physikalischen Grundpraktikum Teil II

Kapitel in  
Anleitung

Versuchsnr. Versuchsbeschreibung



## Wellenlehre

4.3	2W1	Versuche mit Ultraschall: Abstandsmessung, stehende Welle, Beugung am Doppelspalt
4.4	2W2	Versuche mit Mikrowellen

## Optik

1.1	2O1	Prismenspektrometer
1.2	2O2	Gitterspektrometer
1.3	2O3	Michelson-Interferometer

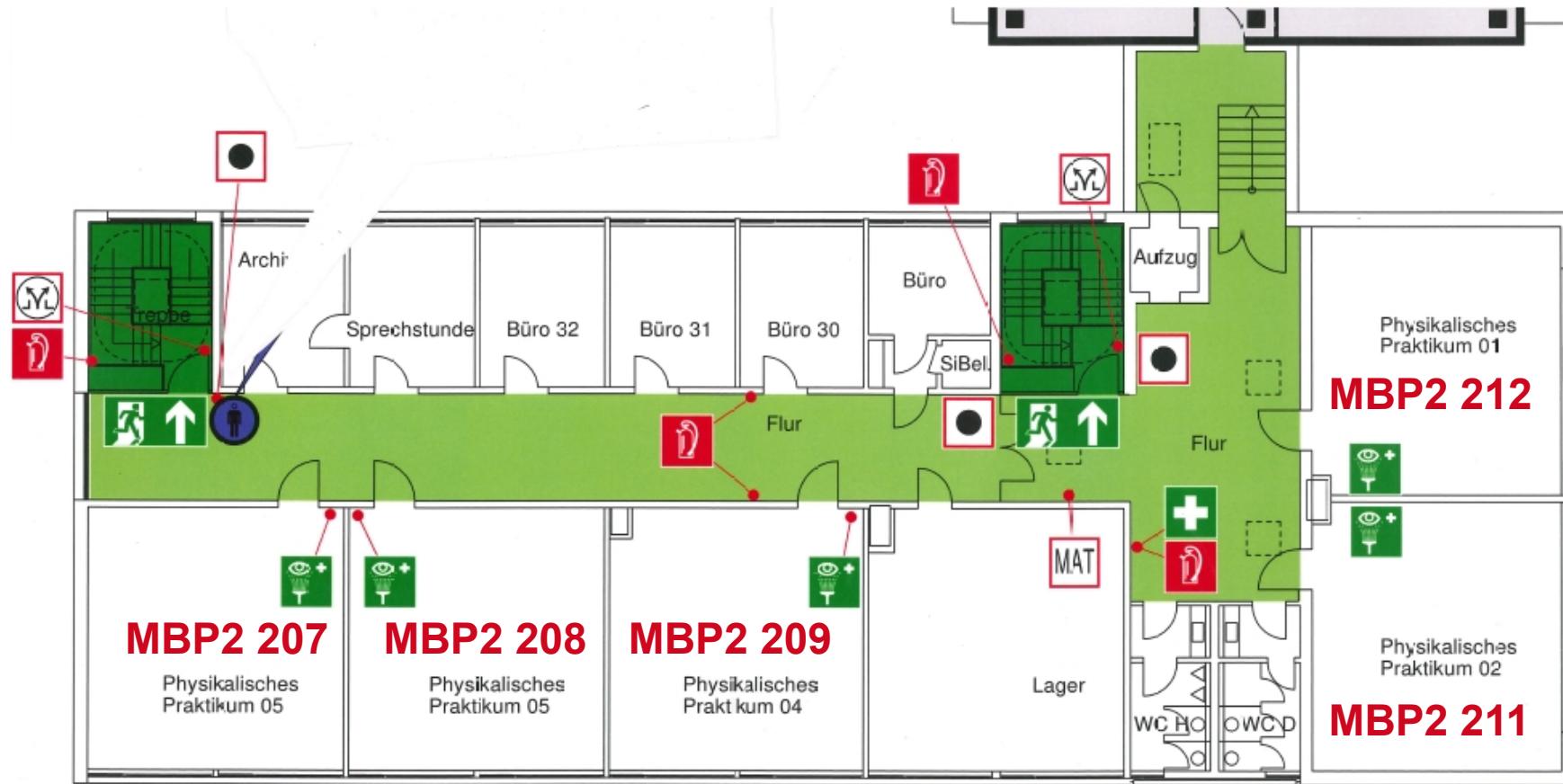
## Atomphysik

2.1	2A1	Temperaturstrahlung
-----	-----	---------------------

## Elektrizitätslehre

3.3.1	2E1	Serienschwingkreis von L, R und C mit Cassy und Oszilloskop
3.3.2	2E2	Parallelschwingkreis von L, R und C mit Cassy und Oszilloskop
3.4	2E3	Eigenständige Versuche zur Thematik Hochpass- und Tiefpassfilter

# Versuchsräume im Modulbau II, 2. OG



# Zeitlicher Ablauf im Teil I

Einführungsveranstaltung am 27.02.2023:		
Zeit	Raum	Veranstaltung
ab 09:15 Uhr	Zoom-Meeting	alle Gruppen

1. Woche: 27.02. - 03.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 212	Gerätekunde		A01 - A02	B01 - B02	C01 - C02	D01 - D02
MBP2 211	Gerätekunde		A03 - A04	B03 - B04	C03 - C04	D03 - D04
MBP2 209	Gerätekunde		A05 - A06	B05 - B06	C05 - C06	D05 - D06
MBP2 208	Gerätekunde		A07 - A08	B07 - B08	C07 - C08	D07 - D08

2. Woche: 06.03. - 10.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 212	Mechanik	A01 - A02	B01 - B02	C01 - C02	D01 - D02	A07 - A08
MBP2 211	Akustik	A03 - A04	B03 - B04	C03 - C04	D03 - D04	A01 - A02
MBP2 209	E.-Lehre I	A05 - A06	B05 - B06	C05 - C06	D05 - D06	A03 - A04
MBP2 208	E.-Lehre II	A07 - A08	B07 - B08	C07 - C08	D07 - D08	A05 - A06

3. Woche: 13.03. - 17.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 212	Mechanik	B07 - B08	C07 - C08	D07 - D08	A05 - A06	B05 - B06
MBP2 211	Akustik	B01 - B02	C01 - C02	D01 - D02	A07 - A08	B07 - B08
MBP2 209	E.-Lehre I	B03 - B04	C03 - C04	D03 - D04	A01 - A02	B01 - B02
MBP2 208	E.-Lehre II	B05 - B06	C05 - C06	D05 - D06	A03 - A04	B03 - B04

# Zeitlicher Ablauf im Teil I

4. Woche: 20.03. - 24.03.2023							
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	
		Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr					
MBP2 212	Mechanik	C05 - C06	D05 - D06	A03 - A04	B03 - B04	C03 - C04	
MBP2 211	Akustik	C07 - C08	D07 - D08	A05 - A06	B05 - B06	C05 - C06	
MBP2 209	E.-Lehre I	C01 - C02	D01 - D02	A07 - A08	B07 - B08	C07 - C08	
MBP2 208	E.-Lehre II	C03 - C04	D03 - D04	A01 - A02	B01 - B02	C01 - C02	

5. Woche: 27.03. - 31.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung		Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr				
MBP2 212	Mechanik	D03 - D04	NT	NT	NT	NT
MBP2 211	Akustik	D05 - D06	NT	NT	NT	NT
MBP2 209	Wärmelehre	D07 - D08	NT	NT	NT	NT
MBP2 208	E.-Lehre	D01 - D02	NT	NT	NT	NT
		Abgabe der letzten Protokolle, ggf. Nachholtermine (NT)				

# Zeitlicher Ablauf im Teil II

Einführungsveranstaltungen am 27.02.2023:		
Zeit	Raum	Einführungsveranstaltung
ab 09:15 Uhr	Zoom-Meeting	alle Gruppen

1. Woche: 27.02. - 03.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 207	Atomphysik		A01 - A02	B01 - B02	C01 - C02	D01 - D02
MBP2 207	Optik I					
MBP2 207	Optik II					
MBP2 207	E.-Lehre					

2. Woche: 06.03. - 10.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 207	Atomphysik		A01 - A02	B01 - B02	C01 - C02	D01 - D02
MBP2 207	Optik I					
MBP2 207	Optik II					
MBP2 207	E.-Lehre					A01 - A02

3. Woche: 13.03. - 17.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 207	Atomphysik					
MBP2 207	Optik I					
MBP2 207	Optik II	B01 - B02	C01 - C02	D01 - D02		
MBP2 207	E.-Lehre				A01 - A02	B01 - B02

# Zeitlicher Ablauf im Teil II

4. Woche: 20.03. - 24.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 207	Atomphysik			NT	NT	NT
MBP2 207	Optik I			NT	NT	NT
MBP2 207	Optik II			NT	NT	NT
MBP2 207	E.-Lehre	C01 - C02	D01 - D02	NT	NT	NT
				Abgabe der letzten Protokolle, ggfs. Nachholtermine (NT)		

5. Woche: 27.03. - 31.03.2023						
Raum	Arbeitsgebiet	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
Versuchsdurchführung Uhrzeit: 08:30 Uhr - 13:00 Uhr						
MBP2 207	Atomphysik	NT				
MBP2 207	Optik I	NT				
MBP2 207	Optik II	NT				
MBP2 207	E.-Lehre	NT				
				Abgabe der letzten Protokolle, ggfs. Nachholtermine (NT)		

# Vorbereitung

- Zur Vorbereitung der Versuche steht eine Anleitungsmappe zur Verfügung.
- Ziel Ihrer Vorbereitung: Sie sollen einen Plan entwickeln, was Sie beim Versuch erwarten und wie Sie beim Versuch vorgehen wollen.
- Neben Vorbereitung auf eigentlichen Versuch auch Hintergrundwissen aus der Anleitungsmappe und der weiterführenden Literatur aneignen!
- Anleitung ist kein Kochrezept!
- Messbereiche, Messdauern u.ä. müssen Sie **selber** für Ihren Versuch herausfinden und einstellen!

# Vorbesprechung (60 min)

- Was ist das **Ziel des Versuchs**? Welche physikalischen Größen sollen bestimmt werden?
- Was sind die **physikalischen Grundlagen** des Versuchs? Welche Formeln werden benötigt?
- Wie sieht der **Versuchsaufbau** aus? Welchen Zweck erfüllen die einzelnen Geräte bzw. Bauteile?
- Wie geht man bei der **Messung** vor? Welche einzelnen Observablen müssen gemessen werden? Wie werden sie gemessen?
- Wie werden die **Messunsicherheiten** statistischer und/oder systematischer Natur auf die Observablen bestimmt? (Stellen Sie sicher, dass Sie mit den Grundbegriffen der Statistik vertraut sind!)
- Wie geht man bei der **Auswertung der Daten** vor? Welche Auftragung ist geeignet? Welchen Verlauf der Datenpunkte erwarten Sie?

# Messprotokoll

- Während der Versuchsdurchführung fertigen Sie auf den offiziellen Bögen ein Messprotokoll an. Es dient als Grundlage für das Versuchsprotokoll und muss die folgenden Informationen enthalten:
  - **Versuchsaufbau:** Beschreibung der verwendeten Aufbauten unter Verwendung einer Handskizze.
  - Verwendete **Messwerterfassungseinstellungen** (eingestellte Messzeiten, Messbedingungen, Trigger, Anzahl der Messungen).
  - **Messdaten:** Während der Messung gewonnene Rohdaten, ggfs. Name des/der Datenfiles.
  - **Versuchsauswertung:** Ergebnisse von Schnellanalysen der Daten, Fehlerabschätzung.
- Achten Sie **unbedingt** auf Übersichtlichkeit! Keine Streichungen ohne Begründung. Am Ende des Versuchs lassen Sie das Messprotokoll durch den Betreuer abzeichnen.

# Tipps zum Experimentieren

- Versuchen Sie, so schnell wie möglich eine erste **grobe** Messung „auf dem Schirm“ zu haben. Kümmern Sie sich erst danach um die Perfektionierung der Details. Machen Sie sich mit den Apparaturen vertraut.
- Planen Sie Ihr **Messprogramm** sorgfältig. Machen Sie Testmessungen, um den Zeitaufwand abzuschätzen. Legen Sie erst danach Anzahl und Lage Ihrer Messpunkte fest.
- Achten Sie auf gute **Handhabbarkeit** / Ergonomie bei
  - dem Einrichten Ihres Arbeitsplatzes,
  - der Platzierung Ihrer Messgeräte,
  - der Verkabelung der Geräte.
- Machen Sie keine Messungen im „Blindflug“. Stellen Sie Ihre Daten auf dem Bildschirm so dar, dass man die Qualität der Messung beurteilen kann.

# Tipps zum Experimentieren

- Schreiben Sie in Ihrem **Messprotokoll** alles mit, was man braucht, um den Versuch zu rekonstruieren. Protokollieren Sie wesentliche Zwischenergebnisse.
- Wählen Sie Ihre **Messpunkte geschickt**. Möchten Sie z.B. eine Steigung o.ä. messen, achten Sie auf einen großen „Hebelarm“, d.h. decken Sie mit Ihren Messpunkten einen möglichst großen Bereich ab.
- Überschlagen Sie so bald wie möglich erste Ergebnisse, um sie mit Ihrer **Erwartung zu vergleichen**.
  
- Denken Sie an einen **USB-Stick**, um Ihre Messdaten nach dem Versuch vom Praktikumsrechner kopieren zu können. (Cassy-Daten im labx-Format abspeichern.)

# Versuchsprotokoll

- Schriftliche Darstellung von
  - Versuchsaufbau,
  - Versuchsdurchführung,
  - Messdaten,
  - Auswertung der Messdaten,
  - bei der Auswertung erzielten Ergebnisse und
  - Vergleich mit Literaturwerten oder Herstellerangaben.
- Struktur wird durch Aufgabentext und Vorlagendatei vorgegeben.
- Es stehen Checklisten zur Vermeidung häufiger Fehler zur Verfügung.
- Anfertigung in der Zweiergruppe.

# Versuchsprotokoll

# Physikalisches Grundpraktikum I

```
\documentclass[twoside]{protokoll}
\praktikum{I}
\versuchsgebiet{(Gebiet)}
\teilnehmer{(Ihr Name), (Matrikelnummer)}
\gruppe{(Gruppennummer)}
\begin{document}
\begin{versuchsziele}
Kurze Beschreibung der Versuchsziele...
\end{versuchsziele}
\input{aufgaben_1A3.tex}
% zu ersetzen durch Ihre Aufgabe
\end{document}
```

**Protokoll.tex**

Dr. Henning Gast  
Dr. Thomas Kirn

Wintersemester 2022/23

**Versuchsprotokoll: (Gebiet)**

6. Dezember 2019

(Ihr Name), (Matrikelnummer)

Gruppe (Gruppennummer)

## Versuchsliste

**1A3 Bestimmung des E-Moduls von Metallen**

1

## Versuchsziele

Kurze Beschreibung der Versuchsziele aller Teilversuche.

**1A3 Bestimmung des E-Moduls von Metallen**

## Aufgabe 1 Grundlagen

*Knappe Beschreibung der theoretischen Grundlagen, Angabe der benötigten Formel(n), ohne Herleitung. Definition der verwendeten Formelzeichen.*

**Protokoll.pdf**

# Versuchsprotokoll: Teilaufgaben

```
\section{1A3 Bestimmung des E-Moduls von Metallen}
\begin{aufgabe}{Grundlagen}
    Knappe Beschreibung der theoretischen Grundlagen (...)
\end{aufgabe}
```

 **Ihre Lösung**

```
\begin{aufgabe}{Rohdaten}
    Stellen Sie die gemessenen Werte von  $L$ ,  $D$  und  $M$  in tabellarischer Form dar. (...)
```

`\end{aufgabe}`

 **Ihre Lösung**

**aufgaben\_1A3.tex**

## 1A3 Bestimmung des E-Moduls von Metallen

### Aufgabe 1 Grundlagen

Knappe Beschreibung der theoretischen Grundlagen, Angabe der benötigten Formel(n), ohne Herleitung. Definition der verwendeten Formelzeichen.

### Aufgabe 2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Beschreibung des Versuchsaufbaus einschließlich beschrifteter Skizze oder Foto. Beschreibung der Versuchsdurchführung: Handgriffe an der Apparatur, verwendete Messwertaufzeichnungsinstellungen, Messbereiche, Triggerbedingungen, etc.

### Aufgabe 3 Rohdaten

Stellen Sie die gemessenen Werte von  $L$ ,  $D$  und  $M$  in tabellarischer Form dar. Visualisieren Sie einen typischen Schwingungsverlauf und tabellieren Sie ansonsten die Dateinamen der aufgezeichneten Schwingungsvorgänge.

Gruppe (Gruppennummer)	(Gebiet)
------------------------	----------

### Aufgabe 4 Auswertung

Bestimmen Sie aus den aufgezeichneten Schwingungsvorgängen die Schwingungsfrequenzen und tabellieren Sie die erhaltenen Werte. Beschreiben und illustrieren Sie Ihr Vorgehen. Ermitteln Sie die Streuung der einzelnen  $f_i$  und bestimmen Sie daraus den Fehler auf den Mittelwert. Diskutieren Sie die Unsicherheiten auf  $L$ ,  $D$  und  $M$ . Berechnen Sie den E-Modul der vorliegenden Stangen und die zugehörige Messunsicherheit. Diskutieren Sie, welche Fehlerbeiträge den Gesamtfehler dominieren. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit einschlägigen Literaturwerten.

**Protokoll.pdf**

# Grundlagen von LaTeX

- In der Vorlage **Protokoll.tex** befinden sich einige Beispiele für häufig im Praktikum benötigte LaTeX-Befehle.

## Grundlagen von \LaTeX

Hier sollen die wichtigsten Grundlagen von \LaTeX knapp rekapituliert werden, die typischerweise bei der Erstellung eines Praktikumsprotokolls benötigt werden. Sie können die Beispiele aus diesem Abschnitt als Vorlage für Ihre eigenen Protokolle verwenden. Für eine tiefgehende Dokumentation sei auf die Literatur verwiesen, wobei zu Beginn insbesondere die folgenden Quellen hilfreich sein können:

1. T. Oetiker, Not so short Introduction to \LaTeX, [www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/german/12kurz.pdf](http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/german/12kurz.pdf)
2. Dokumentation, die von der Overleaf-Plattform frei zugänglich zur Verfügung gestellt wird: [www.overleaf.com/learn](http://www.overleaf.com/learn).

## Formeln

Einfache Formeln wie  $s = vt$  können direkt im Text gesetzt werden. Wichtige oder kompliziertere Gleichungen werden mittels einer `equation`-Umgebung gesetzt:

$$\left(\frac{\sigma_s}{s}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_v}{v}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_t}{t}\right)^2. \quad (1)$$

Über Referenzen kann man dann einfach auf die entsprechende Gleichung (1) verweisen.

## Einheiten

Um einheitenbehaftete Größen korrekt zu setzen, wird das Paket `siunitx` verwendet. Beispiele finden sich in folgendem Satz: "Das Pendel hat eine Länge von 1.5 m bei einer Temperatur von  $T = 20^\circ\text{C}$ . Das führt zu einem Ergebnis von  $g = (9.81 \pm 0.01) \text{ m s}^{-2}$ ."

# Checklisten

- Sie finden dort ebenfalls Checklisten, um die häufigsten Fehler zu vermeiden.
- (Bitte beides vor Abgabe des Protokolls entfernen!)
- Themen:
  - Diagramme
  - Regressionsanalyse
  - Fourieranalyse
  - Ergebnisse
  - Protokollabgabe

## Checklisten

Es folgen Checklisten, mit denen man die häufigsten Fehler bei typischen Arbeitsschritten im Praktikum vermeiden kann. Bitte vor Abgabe des Protokolls entfernen!

## Diagramme

- Achsenbeschriftungen vollständig mit Größe und Einheit?
- Wertebereich in  $x$ - und  $y$ -Richtung sinnvoll gewählt?
- Ausreichende Schriftgröße für alle Beschriftungen?
- Ausreichende Liniendicke, Symbolgröße, etc.?
- Aussagekräftige Bildunterschrift hinzugefügt?
- Aussagekräftige Legende, falls notwendig?
- Abbildung in ausreichender Größe im Protokoll eingebunden?
- Richtiges Dateiformat gewählt (Vektorgrafik: eps oder pdf)?

In aller Regel werden Messdaten in Form von kreisförmigen Markern, ggf. mit Fehlerbalken, eingetragen, Modellanpassungen u.ä. dagegen in Form von Linien bzw. Kurven. Lediglich wenn sehr viele Messpunkte vorliegen, kann es angebracht sein, statt einzelner Punkte eine alle Messpunkte verbindende Linie einzurichten

# Datenauswertung

- Datenauswertung in der Physik sehr häufig mit Hilfe des Computers. Die Kenntnis einer geeigneten Programmiersprache (hier: **python**) ist daher unerlässlich.
- Nützliche Routinen sind in einer **Praktikumsbibliothek** zusammengefasst:
  - Cassy-Lab-Dateien einlesen,
  - Schnelle Visualisierung von Rohdaten,
  - Lineare und quadratische Regression,
  - Fourier-Transformation,
  - Peaksuche (Schwerpunktsberechnung),
  - Gewichteter Mittelwert,
  - Literaturwerte,
  - etc.
- Grafische Datendarstellung soll mit **matplotlib** durchgeführt werden.

## Inhalt

Bibliothek für das Grundpraktikum  
Installation der Praktikumsbibliothek  
Einlesen von Cassy-Daten

- [cassy\\_info](#)
- [cassy\\_plot](#)
- [Analyse der Cassy-Daten](#)

Nützliche Hilfsmittel  
Dokumentation der Module in der Praktikumsbibliothek

## Nächstes Thema

Modul cassy

## Diese Seite

Quellcode anzeigen

## Schnellsuche

Los

## Bibliothek für das Grundpraktikum

Die Praktikumsbibliothek stellt grundlegende Funktionen, die bei der Datenanalyse im Grundpraktikum verwendet werden, und Hilfsmittel zum Einlesen der mit dem Cassy-System aufgezeichneten Messdaten zur Verfügung. Sie richtet sich an alle Teilnehmer des Grundpraktikums Physik für Physiker und Mathematiker an der RWTH Aachen. Als Programmiersprache wurde python gewählt, wegen des einfachen Zugangs, der weiten Verbreitung als Analysewerkzeug in der Physik und als Anknüpfung zu dem in der Vorlesung zur Datenverarbeitung vermittelten Wissen. Die python-Versionen 2.7 und 3.x werden unterstützt.

Bitte melden Sie Feedback, Probleme und Anregungen an [Henning Gast](#).

## Installation der Praktikumsbibliothek

## Installation mit pip

Die Praktikumsbibliothek kann ganz einfach mit `pip` installiert werden. Unter Linux oder MacOS führt man den folgenden Befehl in einem Terminal aus. Benutzt man eine Anaconda-Installation unter Windows, drücke man die Windows-Taste und suche dann nach dem Programm „Anaconda Prompt“. Dort gibt man den folgenden Befehl ein (hier typischerweise ohne „-user“):

```
pip install --user praktikum
```

Ein Satz von Beispielen zur Praktikumsbibliothek kann [hier heruntergeladen](#) werden. Nach dem Entpacken der Datei `beispiele.tar.gz` finden Sie im Unterverzeichnis „Beispiele“ einige Beispiel-Skripte und die zugehörigen Cassy-Dateien, die die Verwendung der wesentlichen Teile der Praktikumsbibliothek illustrieren sollen. Es wird dringend empfohlen, dass Sie die Beispiel-Skripte vor dem ersten Versuchstag einmal ausprobieren, um sicherzustellen, dass Ihre python-Installation und die Praktikumsbibliothek funktionieren. Sie sollten auch den Gang der Analyse in den Beispielen nachvollziehen.

Die folgenden Python-Module werden benötigt: `numpy`, `scipy`, `matplotlib` und `future`. Sie werden von `pip` automatisch installiert, falls sie nicht schon vorhanden sind.

## Einlesen von Cassy-Daten

## Beispiele

Die während der Versuchsausführung mit Cassy gewonnenen Messdaten sollen auf einem USB-Stick gespeichert und dann zu Hause ausgewertet werden.

## cassy\_info

Um zunächst einen Überblick über die in einer Cassy-Datei gespeicherten Messungen zu erhalten, verwendet man das Skript `cassy_info`:

```
cassy_info Beispiele/lab/Pendel.lab
```

Beispiel für die Ausgabe:

```
Lese CASSY-1 Textdatei: Beispiele/lab/Pendel.lab
Messung #1: (Datenreihen: n, t, U_A1, U_B1, f_1)
Index n          16001 Werte von 1 bis 16001
Zeit t/s         16001 Werte von 0 bis 160
Spannung U_A1/V 16001 Werte von 0.342 bis 0.7725
Spannung U_B1/V 16001 Werte von -1.11 bis -1.068
neue Größe f_1/V (leer)
```

Über die auch während der Messungen von Cassy verwendeten Symbole („U\_A1“, „U\_B1“, „f“, usw.) greift man dann später auf die Datenreihen zu.

# Abgabe

- Jede Zweiergruppe gibt vor Fristablauf die folgenden Unterlagen im Moodle ab:
  - **Versuchsprotokoll** als pdf-Datei,
  - **Messprotokoll** (Scan oder abfotografiert),
  - **Auswerteprogramme** in Form ausführbarer python-Skripte,
  - **Rohdaten** oder **Tabellen**, die von Ihren Auswerteprogrammen eingelesen werden. (Falls Sie mehr als eine Handvoll Dateien mit Rohdaten haben, diese (und nur diese!) bitte als zip-Datei bündeln.)
- Achten Sie darauf, Ihre Abgabe nicht nur als Entwurf zu speichern, sondern vor Fristablauf final abzugeben.

# Konventionen für Dateinamen

- Verwenden Sie für alle Dateinamen die folgende Konvention:  
**Matrikelnummer (n) \_ Versuchsnummer \_ xxx.tex/pdf/py/labx/csv**  
etc., wobei „xxx“ nur aus Buchstaben, Zahlen und Unterstrichen bestehen darf. Keine Umlaute, Leerzeichen etc.!

Beispiele:

**333444\_1A1\_Daten\_ersteMessung.labx**

**333444\_333555\_1A1\_Protokoll.pdf**

# Bewertungsbogen

- Zu jedem Teilversuch existiert ein Bewertungsbogen, den Sie im Moodle herunterladen können.
- Die folgenden Aspekte werden jeweils bewertet:
  - Inhaltliche Qualität / Richtigkeit.
  - Verständlichkeit der Darstellung / Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise.

## Bewertungsbogen zum Versuch

Messung der Erdbeschleunigung mit dem Pendel

1M1

Matrikelnummer:

bewertet von:

Termin der Zoom-Sprechstunde:

Meeting-ID:

Passwort:

### 1. Grundlagen

Alle verwendeten Formeln und verwendete Formelzeichen eingeführt.  
Beschränkung auf das Wesentliche.

### 2. Versuchsaufbau und -durchführung

Beschreibung des Versuchsaufbaus.  
Foto oder Skizze, mit Beschriftung.  
Beschreibung der Versuchsdurchführung.  
Angabe der Messwert erfassungseinstellungen.  
Übersichtlichkeit und Verständlichkeit des Messprotokolls.

### 3. Rohdaten

Tabellierung der Messwerte für  $l_p$  und  $r_p$ . Mindestens drei Messungen.  
Verlauf der Schwingung der Stange ohne Pendelkörper.  
Verlauf der Pendelschwingung für mindestens drei Messreihen.

### 4. Auswertung

Abschätzung der Unsicherheit auf die abgelesenen Zeitpunkte.  
Bestimmung der Periodendauern der Pendelschwingungen durch lineare Regression.  
Residuenplot zur linearen Regression.  
Güte der Anpassung.  
Bestimmung der Fehler auf  $T$ .  
Berechnung des (gewichteten) Mittelwerts für die Periodendauer.  
Bestimmung der Periodendauer der Schwingung ohne Pendelkörper und Vergleich.  
Maximale Auslenkung beachtet? Übereinstimmung von  $T$  mit/ohne Pendelkörper?  
Bestimmung des Fehlers auf  $l_p$ .  
Bestimmung des Fehlers auf  $r_p$ .  
Tabellierung der Zwischenergebnisse der relevanten Observablen samt Fehlern.  
Fehlerrechnung für  $g$ .  
Diskussion der Fehlerbeiträge.  
Endergebnis für die Erdbeschleunigung und Vergleich mit dem Literaturwert.  
Qualität des Endergebnisses (Vergleich mit Daten des BKG).

Summe

	Gewichtung	max. Punkte	Erzielte Punkte
1. Grundlagen	5%	5	
2. Versuchsaufbau und -durchführung	15%	3 2 3 2 5	3 2 3 2 5
3. Rohdaten	15%	5 4 6	5 4 6
4. Auswertung	65%	4 10 4 2 2 2 2 5 10 10 3 1 1 5 3 3 3 3 10	4 10 4 2 2 2 2 5 10 10 3 1 1 5 3 3 3 3 10
Summe	100%	100	

# Bewertung

- Die Qualität der Versuchsdurchführung und der Datenauswertung wird anhand des Protokolls bepunktet.
- Die Gesamtnote wird aus der Gesamtpunktzahl ermittelt:

		Note	Prozentsatz	von	bis
		5,0	0%	0	199
max. Punkte pro Tag:	100	4,0	50%	200	219
Anzahl der Versuche:	4	3,7	55%	220	239
max. Punkte insgesamt:	400	3,3	60%	240	259
		3,0	65%	260	279
		2,7	70%	280	299
		2,3	75%	300	319
		2,0	80%	320	339
		1,7	85%	340	359
		1,3	90%	360	379
		1,0	95%	380	400

# Regeln

- Das Praktikum beginnt pünktlich zu der im zeitlichen Ablauf angegebenen Zeit. Wer mehr als 15 Minuten nach Beginn der Vorbesprechungen erscheint, kann nicht mehr an dem Versuch teilnehmen. Nur in Ausnahmefällen aufgrund von höherer Gewalt kann der Termin nachgeholt werden.
- Studierende, die während der Vorbesprechung oder der Versuchsdurchführung eines Versuchs erkennen lassen, dass sie nicht ausreichend vorbereitet sind, werden von diesem Versuch ausgeschlossen. Der Versuch wird dann mit 0 Punkten bewertet.

# Regeln

- Für Studierende, die einen Praktikumsplatz vorzeitig aufgeben bzw. das Praktikum nicht ordnungsgemäß abschließen, wird das Praktikum als nicht bestanden gewertet (Note 5,0).
- Teilnahme an allen vier Versuchen und der Gerätekunde (Teil I) ist Pflicht.
  - 1x aus wichtigem Grund gefehlt: Nachholtermin anmelden,
  - 2x gefehlt: mit Attest beim ZPA von Prüfungsleistung abmelden.

# Gute wissenschaftliche Praxis

- Alle Versuchsergebnisse, Auswerteprogramme und Protokolle sind **eigenständig** zu erarbeiten. Ergebnisse, Programme und Protokolle dürfen **nicht** weitergegeben werden. Versuche, bei denen gegen diese Regeln verstoßen wurde, werden mit 0 Punkten bewertet.

# Gute wissenschaftliche Praxis

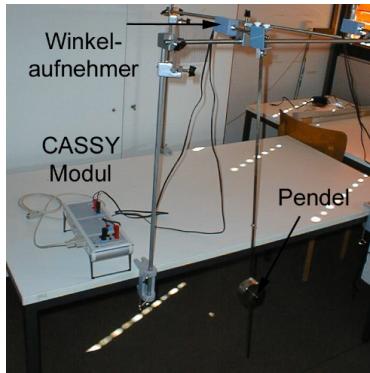
- „Eine Täuschung ist ferner speziell bei Hausarbeiten anzunehmen, wenn der Prüfling eine von einem anderen Prüfling bereits erstellte gleiche oder ähnliche Prüfungsarbeit in unzulässiger Weise benutzt und sich mit der vorherigen Bearbeitung lediglich „verdeckt“ befasst hat, um hieraus Vorteile zu ziehen und seine Prüfungschancen unberechtigt zu verbessern. Stammen wesentliche Teile der zur Bewertung gestellten Leistung nicht vom Prüfling selbst, sondern von einer anderen Person und macht der Prüfling dies nicht kenntlich, gibt er also ein Plagiat ab, obwohl ihm eine genaue Zitierung (...) möglich war, so liegt eine Täuschung vor.“
- Das Nichtzitieren fremder Ausführungen, die übernommen worden sind, ist nicht nur unwissenschaftlich, sondern auch unredlich. (...) Eine Täuschung liegt auch dann vor, wenn komplette Textpassagen ohne Zitierung nur geringfügig umformuliert worden sind. Letztlich ist vom Prüfling zu fordern, dass er jeden Gedankengang und jede Fußnote, die ihren Ursprung nicht in seiner eigenen gedanklichen Leistung, sondern im Werk eines anderen haben, sowie alle aus fremden Werken wörtlich übernommenen oder ähnlichen Textpassagen ausnahmslos als solche kenntlich macht (...).“ [1]
- „Sind indes früher bereits gestellte Hausarbeiten etwa über das Internet allgemein zugänglich und werden sie trotzdem ausgegeben, so haben alle Prüflinge die Chance, sich mit der Bearbeitung eines Vorgängers auseinanderzusetzen. In dieser Auseinandersetzung liegt noch keine Täuschung. Diese wäre erst dann anzunehmen, wenn der Prüfling schlicht die Gedanken und Folgerungen des Vorbearbeiters unwahr als seine eigenen ausgibt. Ein derartiges Verhalten kann dann aber regelmäßig sogar als ein besonders schwerwiegender Täuschungsversuch – also als ein grobes Täuschungsmanöver, das in besonders hohem Maße die Spielregeln des fairen Wettbewerbs und die Chancengleichheit der anderen, sich korrekt verhaltenden Prüflinge verletzt – qualifiziert werden (...)“ [1]
- „Die Annahme eines solchen schweren Verstoßes liegt insbesondere dann nahe, wenn Originaltexte umformuliert, Syntax umgestellt und Synonyme verwendet wurden, um die Quellen gezielt zu verschleiern.“ [2]

[1] Niehues/Fischer/Jeremias, Prüfungsrecht, 7. Auflage 2018, Rn. 233, mwN.

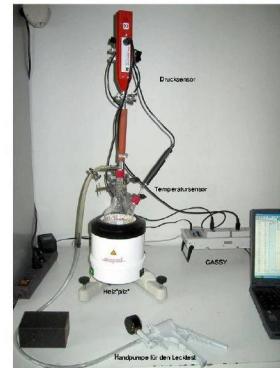
[2] Niehues/Fischer/Jeremias, Prüfungsrecht, 7. Auflage 2018, Rn. 244.

# Hausaufgaben

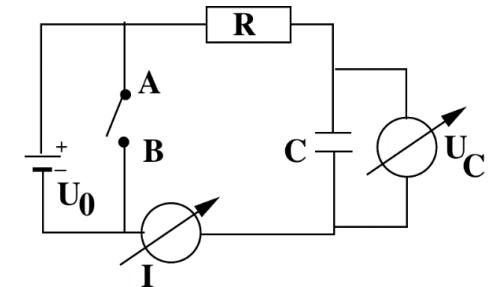
- LaTeX-Vorlage für das [Versuchsprotokoll](#) herunterladen und daraus eine pdf-Datei erzeugen. Allgemeine Hinweise in der pdf-Datei lesen.
- Unterlagen zur [Gerätekunde](#) (Video und Foliensatz) studieren.
- [Datenanalyse](#) vorbereiten:
  - Praktikumsbibliothek installieren,
  - Beispielanalyse auf der Homepage Schritt für Schritt durchgehen,
  - Beispiele laufen lassen und nachvollziehen:



Erdbeschleunigung mit dem Pendel



Verdampfungswärme von Wasser



Aufladung eines Kondensators

# **Laborordnung und Sicherheitshinweise**

**Laborordnung ist im Moodle verfügbar. Bitte zum ersten Tag im Praktikum die letzte Seite ausdrucken, ausfüllen und unterschreiben mitbringen!**

# Allgemeines Verhalten im Grundpraktikum

- Die Praktikumsteilnehmer haben sich in den Räumen des Praktikums so zu verhalten, dass weder Personen gefährdet noch Einrichtungen, Geräte und Versuchsaufbauten beschädigt werden.
- Die von den betreuenden Dozenten und studentischen Hilfskräften sowie in den Praktikumsanleitungen gegebenen Hinweise zur Handhabung der Geräte und Versuchsanordnungen sind unbedingt zu beachten.
- Die Einrichtungen und Geräte des Praktikums sind sachgerecht zu behandeln. Melden Sie auftretende Störungen und Unregelmäßigkeiten bei der Durchführung der Versuche, Schäden und Mängel an den Apparaturen dem zuständigen Personal.
- Für grob fahrlässig verursachte Schäden haftet der/die Praktikant/in.
- Ihnen steht jeweils nur die am Arbeitsplatz befindliche Ausrüstung zur Verfügung. Es ist nicht gestattet, Geräte von fremden Arbeitsplätzen zu entfernen.

# Allgemeines Verhalten im Grundpraktikum

- Vor Beginn eines Versuches ist die Einweisung durch den Versuchsbetreuer abzuwarten.
- Nach Beenden des Versuchs ist der Arbeitsplatz aufgeräumt und sauber zu verlassen.
- In den Praktikumsräumen ist das Essen, Trinken und Rauchen nicht gestattet.
- Der Aufenthalt im Laborbereich ist prinzipiell nur Studierenden gestattet, die zu diesem Praktikum angemeldet sind und dies nur, wenn sich ein Betreuer im Laborbereich zur Aufsicht aufhält.
- Der Verlust von persönlichen Wertgegenständen bzw. Garderobe unterliegt der persönlichen Haftung.

# Arbeiten mit elektrischen Schaltungen

- Der Auf- und Abbau elektrischer Schaltungen erfolgt stets im spannungslosen Zustand (Stromversorgungsgeräte aus, Batterien und Steckernetzteile nicht angeschlossen).
- Das Berühren stromführender Teile aus Stromquellen mit Gleich- und Wechselspannungen von mehr als 50 V kann unmittelbar zu lebensgefährlichen Schäden führen. Überspannungen und -ströme infolge von Kurzschlägen in Stromkreisen können Geräteschäden und Brände verursachen.
- Beim Arbeiten an elektrischen Aufbauten mit gefährlichen Spannungen müssen mindestens zwei Personen im Praktikumsraum anwesend sein. In Notfällen ist im Praktikumsraum die Arbeitsplatz-Netzspannung abzuschalten. Dies geschieht durch Drücken des jeweiligen Notausschalters (roter Knopf in Verteilerleiste an Wand) oder des Notausschalters für die gesamte Netzspannung im Raum (roter Knopf neben der Tür).
- **Bei Unfällen die Spannung sofort abschalten und den Unfall unverzüglich melden.**

# Arbeiten mit elektrischen Schaltungen

- Zur Vermeidung von Schaltfehlern sind Schaltungen möglichst übersichtlich aufzubauen, d. h. mit Kabeln geeigneter Länge und Farbkennzeichnung.
- Beim Arbeiten mit elektrischen Messgeräten ist auf die richtige Polung, auf die Einstellung des richtigen Messbereichs und der richtigen Messeingänge zu achten (Überlastungsgefahr).
- Alle Versuchsaufbauten mit elektrischen Schaltungen sind vor Inbetriebnahme grundsätzlich durch den Versuchsbetreuer zu überprüfen. Der Auf-, Ab- und Umbau elektrischer Schaltungen hat stets im spannungslosen Zustand zu erfolgen (Stromversorgungsgeräte am Versuchsplatz ausgeschaltet).
- Nach Ende eines Experiments sind alle elektrischen Geräte des Versuchs auszuschalten, Batterien von Stromkreisen abzutrennen, sowie selbst aufgebaute Schaltungen abzubauen.

# Umgang mit Lasern

- Im Praktikum kommen He-Ne-Laser mit Strahlleistungen bis 5 mW zum Einsatz.
- Beim Experimentieren mit diesen Lasern bzw. bei der Justage des Laserstrahls besteht vor allem die Gefahr der Schädigung bzw. Zerstörung der Netzhaut, falls ein enges Strahlenbündel hoher Energiedichte direkt ins Auge gelangt. Deshalb nicht in den direkten Laserstrahl schauen!
- Bauen Sie ihr Experiment so auf, dass der Laserstrahl nicht in Augenhöhe austreten kann.
- Verhindern Sie durch eine zweckmäßige Anordnung des Experiments Reflexionen, die unkontrolliert in den Raum gehen. Unkontrolliert reflektierende Gegenstände wie Schmuck oder Armbanduhren sind beim Arbeiten im Laserbereich zu vermeiden.
- Befolgen Sie die Anweisungen des Versuchsbetreuers!

# Brandschutz

- Elektrische Heizgeräte so aufstellen, dass sich keine benachbarten Gegenstände entzünden können. Offene Flammen sind verboten und eingeschaltete Heizgeräte müssen ständig beaufsichtigt werden.
- Wird ein Brand bemerkt, ist dieser sofort zu melden, und es sind nach Möglichkeit Löschmaßnahmen einzuleiten.
- Informieren Sie sich über Lage und Funktionsweise der Handfeuerlöscher sowie über die vorhandenen Fluchtwege. Türen, Notausgänge und Fluchtwege sind freizuhalten.

# Brandfall

- Ertönt ein Alarmsignal, müssen die Praktikumsteilnehmer die Praktikumsdurchführung sofort abbrechen, Wertsachen und Oberbekleidung mitnehmen und das Gebäude auf kürzestem Weg verlassen (siehe Fluchtwegbezeichnung in den Fluren und Foyers).
- Keine Aufzüge benutzen!
- Sammelpunkt der Praktikumsteilnehmer ist der Parkplatz an der Physikhalle.

## 1. Brandschutzordnung Teil A

Die Brandschutzordnung Teil A ist in allen Zugangsbereichen sowie sonstigen zentralen Bereichen in den Gebäude der RWTH Aachen anzubringen. Bezugsquelle: Sachgebiet Brandschutz (siehe Anhang)



# Verhalten in Gefahrensituationen / Unfall

- Ruhe bewahren! Gefährdete Personen warnen! Bei Hilfeleistung auf eigene Sicherheit achten!
- Zur Erstversorgung von Verletzten befindet sich in den Fluren je ein Erste-Hilfe-Kasten mit Verbandsmaterial. Zur weiteren Hilfeleistung Unfall an Feuerwehr (Rufnr. 112) oder Hochschulwache (Rufnr. 113) melden!

NOTRUF		
	Hochschul- festnetztelefon	Sonstige Telefone
Feuerwehr, Notarzt, Rettungsdienst	112	
Hochschulwache	113	+49 241 80 94250
Polizei	110	
Information bei Vergiftungen		+49 228 19240
NOTRUFANGABEN:		
<b>Wer?</b> Name, Institut, Einrichtung, ...		
<b>Wo?</b> Adresse, Anfahrt, Gebäudeteil, Etage, ...		
<b>Was?</b> Feuer, Unfall, Bedrohung, ...		
<b>Wie?</b> Kurze Beschreibung der Lage bzw. der Situation (z.B. wieviel Verletzte, ...).		
<b>Warten auf Rückfragen!</b>		
<b>Telefonhörer erst auflegen, wenn die Notrufzentrale das Gespräch beendet!</b>		

# Am Ende

- Wir bemühen uns, Ihnen eine Ausbildung in einem modernen Physikpraktikum zu ermöglichen.
- Es wird manches nicht so reibungslos funktionieren, wie Sie und auch wir das erwarten. Haben Sie Geduld, aus den Versuchen, die nicht so glatt gehen, können Sie das meiste lernen!
- Gehen Sie bitte sorgfältig mit den Geräten und Computern um.
- Bei Problemen während des Praktikums suchen Sie bitte das Gespräch mit der Praktikumsleitung.
- Das Praktikum ist sehr arbeitsintensiv!

# Am Ende

„Ich habe im Verlaufe dieser 3 Wochen mehr gelernt, als in den meisten anderen Kursen des Studiengangs.“

(aus der Evaluierung im WS 21/22)

- Experimentieren
- Umgang mit Messdaten
- Statistische Methoden anwenden
- Programmieren zur Datenanalyse
- Wissenschaftliches Schreiben
- Textsatz mit LaTeX
- Teamarbeit

**Viel Erfolg!**