

2026

**STARK**  
Prüfung

**MEHR  
ERFAHREN**

# Abitur

Niedersachsen

**Physik gA/eA**

- ✓ Original-Prüfungsaufgaben  
mit Lösungen
- ✓ Übungsaufgaben  
zum Download
- ✓ Interaktives Training



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Stichwortverzeichnis

---

## Hinweise und Tipps zur schriftlichen Abiturprüfung

---

1	Ablauf der Prüfung .....	I
2	Inhalte und Kompetenzen .....	III
3	Leistungsanforderungen und Bewertung .....	IX
4	Operatoren und Anforderungsbereiche .....	X
5	Methodische Hinweise und allgemeine Tipps zur schriftlichen Prüfung ...	XIII
6	Hinweise zum Lösen von Aufgaben mit dem GTR .....	XVII
7	Zum Umgang mit diesem Buch.....	XVIII

---

## Original-Abiturprüfungen – Erhöhtes Anforderungsniveau

---

### Abiturprüfung 2021

Aufgabe I:	Ladungen.....	EA 2021-1
Aufgabe II:	Versuche und Anwendungen mit LEDs und Lasern; Interferenz von Licht und Magnetfeldmessungen am geraden Leiter .....	EA 2021-21

### Abiturprüfung 2022

Aufgabe I:	Ausgewählte Experimente der Physik .....	EA 2022-1
Aufgabe II:	Interferenzen – Schwingungen – Elektronen/Magnetfelder .....	EA 2022-24

## Abiturprüfung 2023

Aufgabe I: Schwingkreis – Induktion – Zerfallsgesetz .....	EA 2023-1
Aufgabe II: Interferenz – Schwingungen – Elektrische Felder/Physik der Atomhülle .....	EA 2023-25

## Abiturprüfung 2024

Aufgabe I: Verschiedene Geschwindigkeiten .....	EA 2024-1
Aufgabe II: Abklingprozesse und Massenbestimmung .....	EA 2024-23

## Abiturprüfung 2025 ..... [www.stark-verlag.de/mystark](http://www.stark-verlag.de/mystark)

Sobald die Original-Prüfungsaufgaben 2025 freigegeben sind, können sie als PDF auf der Plattform MySTARK heruntergeladen werden. Den Zugangscode finden Sie auf vorne in diesem Buch.

**MySTARK: Aufgaben zum Download**



## Original-Abiturprüfung 2025 – Erhöhtes Anforderungsniveau

### Original-Abiturprüfungen – Grundlegendes Anforderungsniveau

Jahrgang 2021 .....	1
Jahrgang 2022 .....	42
Jahrgang 2023 .....	80
Jahrgang 2024 .....	125
Jahrgang 2025 .....	158

### Übungsaufgaben

Felder und Induktion (7 Aufgaben) .....	1
Wellen und Quanten (5 Aufgaben) .....	66
Hülle und Kern (5 Aufgaben) .....	105
Schwingende mechanische Systeme (1 Aufgabe) .....	150

### Zusatzblatt

Farabbildungen zu EA 2021, Aufgabe II, Material M1c und M1d

## Autor der Übungsaufgaben und Lösungen

StD Dirk Raecke

# Vorwort

Liebe Schülerinnen und Schüler,

Sie haben das Fach Physik im neunjährigen Gymnasium des Landes Niedersachsen auf grundlegendem oder erhöhtem Anforderungsniveau belegt und werden in diesem Fach Ihr Abitur ablegen.

Für die schriftliche Abiturprüfung werden landesweit einheitliche Abituraufgaben gestellt, d. h., es wird ein Zentralabitur durchgeführt. Dieses Buch wird Ihnen helfen, sich gut und effektiv auf dieses Zentralabitur vorzubereiten.

- Dazu werden Ihnen zunächst **ausführliche Hinweise** zu den Rahmenbedingungen der Prüfungen, zu Inhalten, Methoden und Prüfungskriterien gegeben.
- Der Hauptteil enthält die **offiziellen niedersächsischen Abituraufgaben der Jahrgänge 2021 bis 2024** für das **erhöhte** Anforderungsniveau.
- Alle Aufgaben weisen vom Autor ausgearbeitete vollständige und kommentierte **Lösungsvorschläge** sowie separate **Lösungshinweise** auf, die Sie beim selbstständigen Lösen der Aufgaben unterstützen.

Zudem finden Sie **digitale Inhalte** zu diesem Buch **online auf MySTARK**:

- **Interaktives Training** mit Aufgaben und Lernvideos zu allen relevanten Themengebieten des Physikabiturs.
- Die **Original-Prüfungsaufgaben 2025** im **erhöhten** Anforderungsniveau zum Download.
- Die **Original-Prüfungsaufgaben 2021 bis 2025** für das **grundlegende** Anforderungsniveau sowie zusätzliche **Übungsaufgaben** zum Download.



Den Zugangscode finden Sie auf der vorderen Umschlaginnenseite in diesem Buch.

Sollten nach Erscheinen dieses Bandes noch wichtige Änderungen in der Abiturprüfung 2026 vom niedersächsischen Kultusministerium bekannt gegeben werden, finden Sie aktuelle Informationen dazu ebenfalls im Internet auf MySTARK.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg bei der Abiturprüfung!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dirk Raecke'.

Dirk Raecke



# Hinweise und Tipps zum Zentralabitur

## 1 Ablauf der Prüfung

### 1.1 Die zentrale schriftliche Abiturprüfung

Seit dem Schuljahr 2005/2006 gibt es im Land Niedersachsen im Fach Physik zentrale schriftliche Abiturprüfungen. Für die schriftliche Abiturprüfung in Physik ist – seit dem Abitur 2025 – das im Jahr 2022 neu gefasste Kerncurriculum die Grundlage, in dem unter anderem auch die im Jahr 2020 von der Kultusministerkonferenz beschlossenen, bundesweit einheitlichen Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife konkretisiert sind.

Die verbindlichen Vorgaben des Kerncurriculums Physik bilden die Basis für die Inhalte und Anforderungen sowohl in den vier Halbjahren der Qualifikationsphase als auch in den landesweit einheitlichen Aufgabenstellungen für das Abitur. Die Vorgaben lassen genügend Freiräume für den konkreten Unterricht an Ihrer Schule, die es Ihren Lehrkräften ermöglichen, Inhalte und/oder den Erwerb der vorgeschriebenen Kompetenzen zu vertiefen und zu ergänzen.

### 1.2 Auswahl und Aufbau der Prüfungsaufgaben

Die Schulen bekommen für die schriftliche Abiturprüfung sogenannte Aufgabenpakete. Jedes Aufgabenpaket enthält vier Aufgaben, aus denen Sie **drei zur Bearbeitung auswählen** müssen. Für das Abitur 2025 sind die folgenden Pakete festgelegt.

#### **Kurse auf erhöhtem Anforderungsniveau:**

- Paket 1: 4 Aufgaben ohne experimentelle Anteile
- Paket 2: 4 Aufgaben mit experimentellen Anteilen zu Schwingungen und Wellen
- Paket 3: 4 Aufgaben mit experimentellen Anteilen zur Optik

Dabei enthält bei den Paketen 2 und 3 jeweils eine Aufgabe das durchzuführende Experiment.

#### **Kurse auf grundlegendem Anforderungsniveau:**

- nur ein Paket: 4 Aufgaben ohne experimentelle Anteile

Jede Prüfungsaufgabe wird unter einem zusammenfassenden Thema stehen und sich nicht nur auf einen Themenbaustein beziehen. Die Aufgaben werden sich auf Material stützen, das sich an Experimenten orientiert. Die Lösungen setzen die Beherrschung der fachlichen Qualifikationen entsprechend den Vorgaben des Kerncurriculums und Erfahrungen im Umgang mit Experimenten voraus.

Seit dem Abitur 2009 gibt es bei Kursen auf erhöhtem Niveau auch **experimentell** ausgerichtete Abiturvorschläge (vgl. Pakete 2 und 3 bei der oben beschriebenen Aufgabenauswahl). Dazu sind folgende Hinweise wichtig: Spätestens zu Beginn des Unterrichts in der jeweiligen Qualifikationsphase muss die Schule entscheiden, ob und, wenn ja, welche Lerngruppen des Prüfungsfaches Physik mit den Experimentierkästen arbeiten werden. Nur für die Schülerinnen und Schüler, die in der Qualifikationsphase mit diesem Experimentierkasten gearbeitet haben, besteht dann im Abitur die Möglichkeit, zwischen einer Aufgabe mit Schülerübungen und einer ohne Schülerübungen zu wählen. Alle anderen Schülerinnen und Schüler wählen nach wie vor aus zwei Vorschlägen ohne Schülerübungen einen ihrer Wahl aus.

Insgesamt wird das Experiment im Abitur eine große Rolle spielen – sei es als echtes Experiment oder als in Papierform beschriebenes. Neben Erfahrungen im eigenen Experimentieren sollten Sie dabei vor allem über wichtige methodische Kompetenzen rings um das Auswerten von Experimenten verfügen. Sie finden die besonders wichtigen Experimente im Kerncurriculum recht leicht, da sie dort explizit aufgeführt sind und somit auch als quasi verpflichtend für Ihre Lehrkräfte gelten.

Beachten Sie: Für die **schriftliche Abiturprüfung 2026 auf erhöhtem Niveau** mit experimentellem Anteil sind die **Experimentierkästen Optik und Atomphysik** sowie **Schwingungen und Wellen** festgelegt.

### 1.3 Dauer der Prüfung

Seit 2021 beträgt die Bearbeitungszeit im erhöhten Niveau 300 Minuten, im grundlegenden Niveau 255 Minuten, die Auswahlzeit (30 min) ist jeweils miteingerechnet.

### 1.4 Zugelassene Hilfsmittel

Die für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Physik zugelassenen Hilfsmittel ergeben sich aus den Rechtsvorschriften und den Präzisierungen für das jeweilige Prüfungsjahr. Zugelassen sind

- Wörterbücher der deutschen Rechtschreibung;
- Taschenrechner, wobei sicherzustellen ist, dass innerhalb einer Prüfungsgruppe die benutzten Taschenrechner gleichwertig bzgl. Ausstattung und Funktion sind;
- Schreib- und Zeichengeräte, die im Fach Physik Anwendung finden;
- ggf. sind natürlich der Experimentierkasten, Netzgeräte und Messinstrumente zugelassen, wenn der Experimentalvorschlag ausgewählt wird.
- Eine von der Schule eingeführte, zur Abiturprüfung zugelassene physikalische beziehungsweise mathematische Formelsammlung. Gedruckte Formelsammlungen der Schulbuchverlage sind gemäß der „Informationen zur Nutzung von Formelsammlungen“ in der Abiturprüfung zugelassen.

- Die Liste der zugelassenen Hilfsmittel finden Sie stets aktuell unter dem Link [https://nibis.de/zentralabitur\\_1395](https://nibis.de/zentralabitur_1395) bei der betreffenden Abiturprüfung.

Sämtliche Entwürfe und Aufzeichnungen gehören zur Abiturarbeit und dürfen nur auf Papier, das den Stempel der Schule trägt, angefertigt werden.

## 2 Inhalte und Kompetenzen

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau bzw. auf erhöhtem Anforderungsniveau soll sich nicht nur quantitativ, sondern vor allem qualitativ unterscheiden. Die Unterschiede bei den Prüfungsaufgaben bestehen insbesondere in folgenden Aspekten:

- Grad der Selbstständigkeit in der Bearbeitung
- Umfang und Spezialisierungsgrad bezüglich des Fachwissens, des Experimentierens und der Theoriebildung
- Grad der Elementarisierung und Mathematisierung physikalischer Sachverhalte sowie Anspruch an die verwendete Fachsprache
- Komplexität der Kontexte, physikalischen Sachverhalte, Theorien und Modelle

Im Unterricht auf erhöhtem Niveau müssen Sie sich auf sehr viel mehr Eigenverantwortlichkeit und selbstständige Nacharbeit des Unterrichtsstoffes einstellen.

Um vergleichbare Voraussetzungen für die Prüfungsvorbereitung zu schaffen, wird der verbindliche Kern des Physikunterrichts recht genau im Kerncurriculum beschrieben – und zwar sowohl inhaltlich als auch in Bezug auf die zu erwerbenden Kompetenzen (damit sind die fachtypischen Fähigkeiten und Fertigkeiten gemeint, die Sie erwerben sollen, um physikalische Probleme lösen zu können). Diese Kernelemente sollten dann auch die wesentliche Grundlage für die zu erwartenden Prüfungsaufgaben sein. Die folgende Übersicht zeigt Ihnen, welche **Inhalte** in der Qualifikationsphase erarbeitet bzw. erworben werden sollen.

### 2.1 Themenbereich Elektrizität

- Beschreibung elektrischer Felder über ihre Kraftwirkungen auf geladene Probekörper (Feldlinienbilder: homogenes Feld, Punktladung, Dipol; Faraday'scher Käfig; Beschreibung als Resultat des Superpositionsprinzips)
- Einheit der Ladung; Erläuterung der elektrischen Feldstärke (Beschreibung eines Verfahrens zur Bestimmung der elektrischen Feldstärke auf der Grundlage von Kraftmessungen; Auswertung von entsprechenden Messreihen)  
**nur eA:** Beschreibung des Coulomb'schen Gesetzes
- Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Ladung und elektrischer Stromstärke; Definition der elektrischen Spannung als der pro Ladung übertragbarer Energie  
**nur eA:** Beschreibung der Spannung als Potenzialdifferenz



### ABKLINGPROZESSE UND MASSENBESTIMMUNG

In Aufgabe 1 wird das Absorptionsvermögen von Graufiltern untersucht. Dazu wird Licht einer weiß leuchtenden Leuchtdiode verwendet. Aufgabe 2 thematisiert die Altersbestimmung mit der Radiocarbon-Methode (C-14-Verfahren). Aufgabe 3 behandelt den Wien-Filter und eine vereinfachte Versuchsanordnung zur Massenbestimmung geladener Teilchen.

#### Aufgabenstellung ohne Experimentieren

- 1 In dieser Aufgabe wird das Licht einer weiß leuchtenden Leuchtdiode (LED-weiß) untersucht. Weiterhin wird die Intensität dieses Lichts beim Durchgang durch Graufilter betrachtet.
- 1.1 Material 1 a (M 1 a) zeigt das Wellenlänge-Intensität-Spektrum einer LED-weiß. Ermitteln Sie mit M 1 a die Frequenz des Lichts der LED-weiß, bei der Strahlung der höchsten Intensität emittiert wird.  
Erläutern Sie die Funktion des Leuchtstoffs in der LED-weiß.  
**HINWEIS:** Gehen Sie nicht auf die Prozesse in der Atomhülle ein.  
Die Spannung an der LED-weiß wird von 5,0 V auf 2,5 V halbiert.  
Begründen Sie, dass jetzt das Spektrum der LED-weiß im Vergleich zu M 1 a einen Wellenlängenbereich nicht mehr beinhalten kann. **8**
- 1.2 Die Intensität des Lichts der LED-weiß wird mit einem Lichtsensor gemessen. Zwischen LED und Lichtsensor werden Graufilter in den Strahlengang gebracht (M 1 b). Die Messwerte sind in M 1 c dargestellt.  
Stellen Sie die am Lichtsensor gemessene Spannung  $U$  in Abhängigkeit von der Anzahl  $n$  der Graufilter grafisch dar.  
Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang  $U = f(n)$ , wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.  
Laut Angabe des Herstellers der Graufilter halbiert sich die Intensität des Lichts beim Durchgang durch je einen Graufilter.  
Nehmen Sie anhand der Messwerte in M 1 c begründet Stellung zur Angabe des Herstellers.  
Berechnen Sie die Anzahl der Graufilter, die man in dem Experiment verwenden muss, sodass die gemessene Spannung höchstens 0,1 % der Anfangsspannung beträgt. **13**

- 1.3** Das Experiment aus Aufgabe 1.2 kann auch mit einer infrarot strahlenden LED ( $\lambda_{\text{IR}} \geq 750 \text{ nm}$ ) durchgeführt werden. Das Transmissionsspektrum eines Graufilters ist in M 1 d abgebildet.  
Analysieren Sie mit M 1 d, wie sich die Messwerte der Spannung im Vergleich zu den in M 1 c angegebenen Werten qualitativ verändern.  
**HINWEIS:** Gehen Sie davon aus, dass die Anfangsspannung in beiden Experimenten identisch ist. **3**
- 2** In dieser Aufgabe wird die Radiocarbon-Methode (C-14-Verfahren) zur Altersbestimmung von organischen Körpern thematisiert.
- 2.1** Erläutern Sie anhand einer zu erstellenden Skizze das grundlegende Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs als Messgerät für Zählraten.  
**HINWEIS:** Beschränken Sie sich bei der Erläuterung auf die Vorgänge im Zählrohr. **6**
- 2.2** Atome des radioaktiven Kohlenstoffisotops C-14 entstehen ständig in der Atmosphäre. Dabei trifft jeweils ein Neutron auf einen Stickstoff-Atomkern (N-14). Der entsprechende Ausschnitt aus der Nuklidkarte ist in M 2 a abgebildet.  
Beschreiben Sie den Prozess zur Bildung des Kohlenstoff-Isotops C-14.  
Das Isotop C-14 ist radioaktiv.  
Stellen Sie den Zerfall des C-14-Isotops dar.  
**HINWEIS:** Gehen Sie dabei auch auf die Vorgänge im Atomkern ein. **6**
- 2.3** Das C-14-Verfahren ist geeignet zur Bestimmung der Zeit, die seit dem Tod eines Organismus verstrichen ist.  
Erläutern Sie das Prinzip des C-14-Verfahrens.  
M 2 b zeigt Informationen zur Minoischen Eruption des Vulkans Santorin in Griechenland.  
Ermitteln Sie mit den Angaben aus M 2 b den Zeitpunkt der Minoischen Eruption. **9**
- 2.4** Das C-14-Verfahren ist nur für die Datierung von Zeiträumen zwischen 300 und 60 000 Jahren sinnvoll einsetzbar.  
Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, weshalb das C-14-Verfahren bei Altersbestimmungen von mehr als 60 000 Jahren ungenaue Werte liefert. **3**

- 3** In dieser Aufgabe werden der Wien-Filter und ein Massenspektrometer betrachtet. Grundprinzip der Massenspektrometrie ist es, aus chemischen Stoffen Ionen zu erzeugen, diese nach Masse und Ladung zu trennen und sie qualitativ und quantitativ zu erfassen.

- 3.1** Alpha-Teilchen werden jeweils rechtwinklig zu den Feldlinien in ein elektrisches Feld bzw. in ein magnetisches Feld geschossen (schematische Skizzen in M 3 a).

Erläutern Sie den prinzipiellen Verlauf der beiden Bahnkurven und skizzieren Sie diese in M 3 a.

**5**

- 3.2** Das Material M 3 b zeigt einen Wien-Filter (Geschwindigkeitsfilter). Geladene Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit durchlaufen diesen Filter geradlinig und passieren die Blende 2.

Erläutern Sie, dass nur Alpha-Teilchen einer bestimmten Geschwindigkeit den Wien-Filter geradlinig durchlaufen können.

Für die Geschwindigkeit  $v$  dieser Teilchen gilt die Gleichung:

$$v = \frac{E}{B}$$

(E: elektrische Feldstärke; B: magnetische Flussdichte)

Bestätigen Sie, dass Alpha-Teilchen mit der Geschwindigkeit  $v = 480 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  den Wien-Filter in M 3 b geradlinig durchlaufen.

Begründen Sie, dass Alpha-Teilchen mit einer größeren Geschwindigkeit im Wien-Filter (M 3 b) nach oben abgelenkt werden.

**9**

- 3.3** Ein Massenspektrometer dient dazu, die Massen von geladenen Teilchen zu bestimmen. Einen schematischen Aufbau finden Sie in M 3 c. Diesem Aufbau ist ein Wien-Filter vorgeschaltet. Die Alpha-Teilchen mit  $v = 480 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  aus Aufgabe 3.2 treten durch die Lochblende in das Magnetfeld.

Leiten Sie die Gleichung

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

für den Radius  $r$  der Kreisbahn hinter Blende 2 begründet her ( $m$ : Masse des Teilchens;  $q$ : Ladung des Teilchens).

Berechnen Sie den Abstand vom Loch der Blende 2 zum Auftreffpunkt der Alpha-Teilchen auf dem Detektor.

**6**

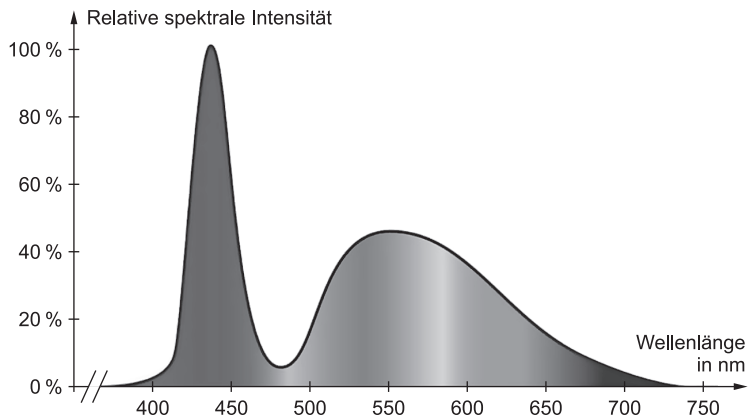
- 3.4** Statt der Alpha-Teilchen werden jetzt unbekannte, positiv geladene Teilchen gleicher Geschwindigkeit in das Massenspektrometer eingebracht. Diese Teilchen werden näherungsweise in halbem Abstand zwischen Loch der Blende 2 und Auftreffpunkt der Alpha-Teilchen detektiert.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, um welche Teilchen es sich dabei handelt.

**4**

## Material

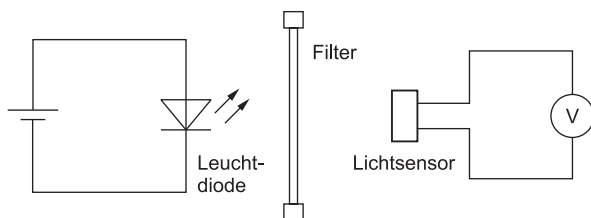
### M 1a Wellenlänge-Intensität-Spektrum der LED-weiß



Auf der Hochachse ist die relative Intensität angegeben. Die LED-weiß wird mit einer Spannung von  $U = 5,0 \text{ V}$  betrieben.

### M 1b Schematische Abbildung und Hinweise zum Versuch 1.2

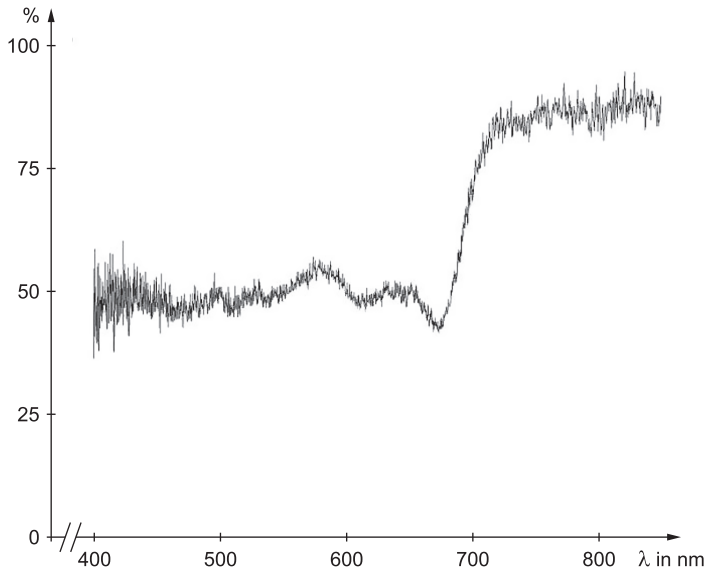
Das Licht der Leuchtdiode trifft auf den Lichtsensor. Am Voltmeter ist eine Spannung  $U$  messbar, die als Maß für die Lichtintensität angesehen werden kann. Schiebt man nacheinander zwischen Leuchtdiode und Lichtsensor mehrere identische Graufilter, so sinkt die Lichtintensität und somit die gemessene Spannung.



### M 1c Messwerte zum Experiment aus M 1b

Anzahl $n$ der Graufilter	0	1	2	3	4	5	6	7
Spannung $U$ in V	2,70	1,40	0,69	0,37	0,21	0,13	0,06	0,03

### M 1d Transmissionsspektrum eines Graufilters



Dargestellt ist die relative Lichtintensität nach dem Durchleuchten eines Graufilters in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$ . Die Lichtintensität ohne Graufilter entspricht 100 %.

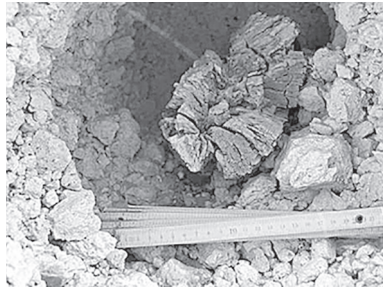
### M 2a Ausschnitt aus der Nuklidkarte

$Z \backslash N$	6	7	8	9
8	O-14 71 s $\beta^+$	O-15 2 min $\beta^+$	O-16 stabil	O-17 stabil
7	N-13 10 min	N-14 stabil	N-15 stabil	N-16 7 s $\beta^-$
6	C-12 stabil	C-13 stabil	C-14 5 730 a	C-15 2 s $\beta^-$
5	B-11 stabil	B-12 20 ms $\beta^-$	B-13 17 ms $\beta^-$	B-14 14 ms $\beta^-$

Z: Protonenzahl; N: Neutronenzahl

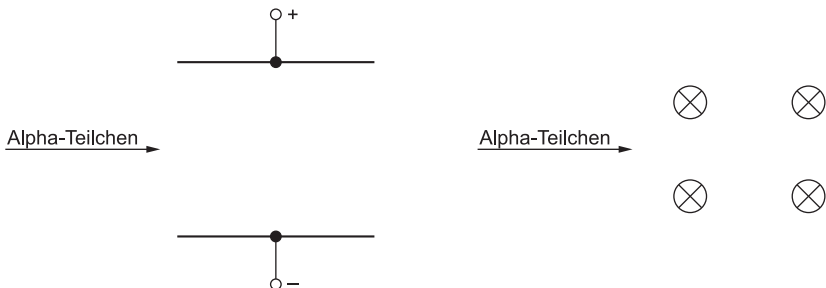
## M 2b Material zur Radiocarbon-Methode

Eine Eruption des griechischen Vulkans Santorin war mutmaßlich verantwortlich für den Untergang der Minoischen Kultur auf der benachbarten Insel Kreta. In den Ascheschichten der Eruption wurden Äste von Olivenbäumen (rechts) gefunden. Diese Äste wurden mit dem C-14-Verfahren untersucht. Die Halbwertszeit des Kohlenstoff-Isotops C-14 beträgt 5 730 Jahre. Die Zählrate einer Probe des Olivenastes beträgt 1,94 pro Sekunde. Eine gleich aufgearbeitete Probe eines gerade gefällten Olivenbaums weist die Zählrate von 3,00 pro Sekunde auf. Bei beiden Zählraten wurde die Nullrate bereits abgezogen.



Bildquelle: Walter F. Friedrich / wikipedia

## M 3a Schematische Darstellungen zur Ablenkung von Alpha-Teilchen

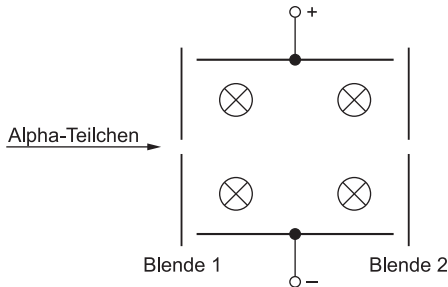


Die Ablenkung der Alpha-Teilchen erfolgt im homogenen elektrischen Feld (links) bzw. im homogenen Magnetfeld (rechts). Die Magnetfeldlinien verlaufen in die Papierebene hinein. Die Versuchsaufbauten befinden sich jeweils im Vakuum.

### M 3b Schematische Darstellung eines Wien-Filters

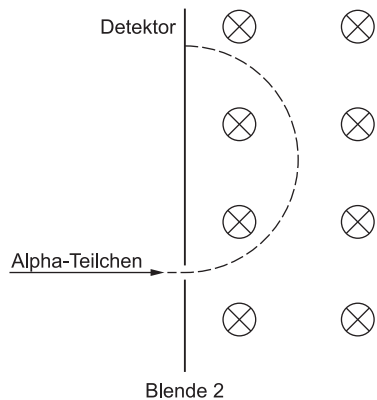
Der gesamte Aufbau befindet sich im Vakuum. Die Feldlinien des homogenen Magnetfelds verlaufen in die Papierebene hinein.

Alpha-Teilchen werden von der Teilchenquelle ausgesandt. Die magnetische Flussdichte beträgt im gesamten Aufbau  $B = 125 \text{ mT}$ . An die Kondensatorplatten im Wien-Filter wird eine Ablenkspannung von  $U_A = 1200 \text{ V}$  angelegt. Der Plattenabstand beträgt  $d = 2,0 \text{ cm}$ .



### M 3c Prinzipieller Aufbau eines Massenspektrometers

Die Alpha-Teilchen mit der in 3.3 angegebenen Geschwindigkeit treten von links aus dem Wien-Filter in das Massenspektrometer. Die Masse der Alpha-Teilchen beträgt  $m_\alpha = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ . Das Magnetfeld ist im gesamten Massenspektrometer homogen, die magnetische Flussdichte beträgt  $B = 125 \text{ mT}$ . Auch in diesem Aufbau herrscht ein Vakuum.



## **TIPP** Lösungshinweise zu Aufgabe II

### **Teilaufgabe 1.1**

Versuchen Sie, die Wellenlänge des absoluten Maximums im Diagramm möglichst genau zu bestimmen. Die Frequenz folgt dann aus der Grundgleichung der Wellenlehre.

Im Material ist die Spannung von 5 V angegeben; was bedeutet das für die Energie des erzeugten „Lichts“? Welcher Vorgang in der Leuchtschicht kann diese hohe Energie in „sichtbaren“ Portionen wieder abgeben?

Warum muss es mehrere mögliche Energieübergänge in der Leuchtschicht geben?

Ermitteln Sie die zu 2,5 V passende Lichtfrequenz/Wellenlänge und argumentieren Sie darauf aufbauend zum fehlenden Bereich.

### **Teilaufgabe 1.2**

Schauen Sie sich den qualitativen Verlauf der Messreihe an – welcher funktionelle Zusammenhang erscheint hier am sinnvollsten?

Prüfen Sie die Herstellerangabe durch Quotientenbildungen in der Messtabelle.

Alternativ können Sie die gefundene Exponentialfunktion (wenn nicht eh schon geschehen) in der Form  $U(n) = U(0) \cdot a^n$  ausdrücken und die Basis  $a$  mit dem Wert 0,5 (Herstellerbehauptung) vergleichen.

Die Mindestzahl an Graufiltern erhalten Sie aus Ihrer Funktion – nur ist diesmal der  $n$ -Wert gesucht und das Ergebnis (noch vorhandene Intensität) gegeben.

### **Teilaufgabe 1.3**

Was passiert mit der durchkommenden Intensität, wenn die Absorption geringer wird?

### **Teilaufgabe 2.1**

Das Prinzip des GMZ ist Standardstoff. Erläutern Sie mithilfe einer Skizze.

Vorwiderstand, Totzeit etc. müssen nicht beschrieben werden, es reicht das Grundprinzip.

### **Teilaufgabe 2.2**

Wenn ein Neutron in den Kern gelangt, die Massezahl aber gleichbleibt – was muss dann sehr wahrscheinlich passieren?

Warum muss beim Betaminus-Zerfall neben einem Elektron, das den Kern verlässt, im Kern selbst noch ein Umwandlungsprozess stattfinden? Denken Sie an bekannte Erhaltungssätze.

### Aufgabenstellung ohne Experimentieren

#### 1 Absorptionsvermögen von Graufiltern

##### 1.1 Ermitteln der Frequenz

In M 1 a ist die größte Intensität bei der Wellenlänge von etwa  $\lambda = 440 \text{ nm}$  abzulesen. Somit folgt aus der Grundgleichung der Wellenlehre:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{440 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = \underline{\underline{6,82 \cdot 10^{14} \text{ Hz}}}$$

##### Erläutern der Leuchtstoff-Funktion

Die LED allein erzeugt kurzwellige Strahlung hoher Energie außerhalb des Sichtbaren (grobe Schätzung: 5 V Betriebsspannung  $\rightarrow$  5 eV-LED-Licht). Durch die Leuchtschicht wird diese hohe Energie aufgenommen und schrittweise in kleineren Portionen abgegeben (Fluoreszenz im Energieniveau des Leuchtstoffs). So entsteht Licht kleinerer Energie bzw. Frequenz und damit größerer Wellenlängen, die im sichtbaren Bereich des Spektrums liegen. Insgesamt ergibt sich, weil genug verschiedene Einzelfarben erzeugt werden, summiert der Farbeindruck Weiß.

##### Begründen des fehlenden Bereichs

Bei einer angelegten Spannung von 2,5 V können die Photonen auch nur noch mit einer maximalen Energie von  $E = 2,5 \text{ eV}$  emittiert werden und den Leuchtstoff anregen. Diese Photonenenergie entspricht einer Grenzwellenlänge von

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \cdot 3,00 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2,5 \cdot 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 497 \text{ nm}.$$

Damit kann die LED keine niedrigeren Wellenlängen als diese Grenzwellenlänge emittieren und der Bereich fehlt dementsprechend.

##### 1.2 Darstellen der Messwerte U als Funktion von n

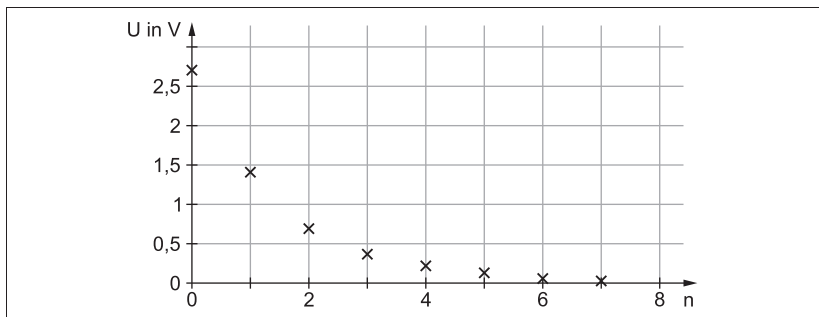


Abb. 1

### Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs

Der Verlauf der Messreihe legt einen exponentiellen oder einen umgekehrt proportionalen Ansatz nahe. Bezieht man Vorkenntnisse über Abschwächungsvorgänge ein, bietet sich eine exponentielle Regression an. Gibt man die Messreihe in Listen ein und führt die Regression durch, so erhält man:

$$U(n) = 2,60 \text{ V} \cdot e^{-0,629 \cdot n}$$

**TIPP** Der Zusammenhang, der ermittelt wurde, hat als Basis  $e$ . Sie können allerdings diese Basis auch umwandeln, indem Sie einen Teil des Exponenten mit in die Basis hineinrechnen: Mit  $e^{-0,629} = 0,533$  als neuer Basis erhält man die Funktionsgleichung  $U(n) = 2,60 \text{ V} \cdot 0,533^n$ .

### Stellungnahme zur Herstellerangabe

Die Herstellerangabe geht ebenfalls von einem exponentiellen Abnehmen der Intensität aus, da sie besagt, dass mit jedem Filter die gleiche prozentuale Abnahme – nämlich 50 % – zu erwarten ist.

Betrachtet man die Messreihe zur Bewertung der Herstellerangabe, dann ergibt sich folgendes Bild:

n	0	1	2	3	4	5	6	7
U in V	2,70	1,40	0,69	0,37	0,21	0,13	0,06	0,03
Faktor $\frac{U(n)}{U(n-1)}$		0,52	0,49	0,54	0,57	0,62	0,46	0,50

Der mittlere Abnahmefaktor beträgt  $0,53 = 53\%$ . Die Herstellerangabe erscheint also plausibel.

**TIPP** Wenn Sie die Abnahmefunktion wie im Tipp oben beschrieben in der Form  $U(n) = 2,60 \text{ V} \cdot 0,533^n$  aufgestellt haben, können Sie die Herstellerangabe unmittelbar bestätigen: Die Basis 0,533 bedeutet, dass immer nur etwa 53 % der Spannung und damit der Lichtintensität erhalten bleiben, wenn  $n$  um 1 erhöht wird.

### Berechnen der Mindestzahl Graufilter

Geht man vom ermittelten Zusammenhang aus, dass pro Graufilter 53 % Intensität erhalten bleiben, dann gilt für die Mindestanzahl Graufilter, die erforderlich ist, um höchstens 0,1 % der Anfangsintensität zu erhalten, die Gleichung:

$$\begin{aligned} 0,53^n &\leq 0,001 \\ n \cdot \underbrace{\ln 0,53}_{<1} &\leq \ln 0,001 \\ \Rightarrow n_{\text{grenz}} &\geq \frac{\ln 0,001}{\ln 0,53} = 10,88... \Rightarrow n_{\text{grenz}} = \underline{\underline{11}} \end{aligned}$$

Man benötigt also mindestens 11 Graufilter, um das Ziel zu erreichen.

**TIPP** Wenn Sie die Abnahmerate von 50 %, die der Hersteller nennt, zugrunde legen, ergibt die analoge Rechnung die Mindestzahl 10:

$$n_{\text{grenz}} \geq \frac{\ln 0,001}{\ln 0,50} = 9,96 \dots \Rightarrow n_{\text{grenz}} = \underline{10}$$

- 1.3** Der Graufilter besitzt im IR-Bereich eine gegenüber dem sichtbaren Spektrum höhere Transmissionsrate von ca. 90 %. Er lässt also grundsätzlich mehr Strahlung durch. Die am Lichtsensor gemessene Spannung fällt demzufolge im Vergleich zu den Werten in M 1 c weiterhin exponentiell, aber weniger stark ab. Man benötigt entsprechend mehr Graufilter, um ähnliche Abschwächungen zu erreichen, da ja nur etwa 10 % Einbuße pro Filterebene zu erwarten ist.

## 2 Altersbestimmung mit der Radiocarbon-Methode

### 2.1 Erläutern des grundlegenden Funktionsprinzips des GMZ

In Abb. 2 ist der Aufbau eines Geiger-Müller-Zählrohrs skizziert. Strahlung tritt durch das Glimmer-Fenster ein. Im Inneren erfolgt eine (Stoß-)Ionisation von Gasatomen, die geladenen Teilchen werden aufgrund der Zählrohrspannung beschleunigt und die Elektronen gelangen zum Zählendraht. Auf dem Weg dorthin wird eine Elektronenlawine durch Sekundärionisation erzeugt, was zu einem messbaren Stromfluss an der Zähl elektronik führt.

**TIPP** Auf den Vorwiderstand, das Zusammenspiel des Vorwiderstands und des Zählrohrinnenwiderstands beim Zusammenbrechen der Zählrohrspannung und somit auf die Impulslänge/Totzeit müssen Sie nicht eingehen.

### Skizze mit Beschriftung

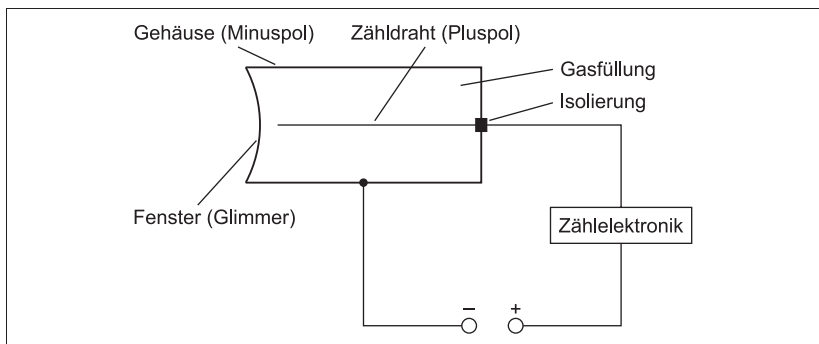


Abb. 2



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH  
ist urheberrechtlich international geschützt.  
Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung  
des Rechteinhabers in irgendeiner Form  
verwertet werden.

**STARK**