
Schriftliche Abiturprüfung Grundkursfach Physik

- E R S T T E R M I N -

Material für den Prüfling

Aufgabe 1, Aufgabe 2 und Aufgabe 3

Allgemeine Arbeitshinweise

Aufgabe 1 und Aufgabe 2 sind von **allen Prüflingen** zu bearbeiten. Bei **Aufgabe 3** ist **nur eine** der zur Auswahl stehenden Wahlaufgaben 3.1 **oder** 3.2 zu bearbeiten.

Ihre Gesamtarbeitszeit beträgt **270 Minuten**. Diese Angabe schließt bereits zusätzliche 15 Minuten für die Aufgabenauswahl und das Einrichten des Experimentierplatzes mit ein.

Bei jeder der zu bearbeitenden Aufgaben sind jeweils 30 Bewertungseinheiten (BE) erreichbar.

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch der deutschen Rechtschreibung
- grafikfähiger, programmierbarer Taschenrechner mit oder ohne Computer-Algebra-System. Die Software eines solchen Taschenrechners oder eine gleichwertige Software kann auch auf einer anderen geschlossenen Plattform verwendet werden.
- Tabellen- und Formelsammlung
- Zeichengeräte
- Computer oder ein computergestütztes Messwerverfassungssystem im Rahmen einer geschlossenen Plattform, im Falle einer entsprechenden Aufgabenstellung zur möglichen Nutzung. Es muss die jeweilige Software installiert sein, die der Prüfling zur Erfassung und Auswertung von Messwerten im Unterricht genutzt hat. Das Hilfsmittel wird für die experimentelle oder praktische Tätigkeit benötigt.

Handelt es sich bei den Hilfsmitteln um Wörterbücher, sind jeweils nichtelektronische und elektronische Wörterbücher zugelassen, sofern sie geschlossene Systeme ohne Möglichkeit der Speichererweiterung sind. Internetfähige Hilfsmittel sind ausgeschlossen.

Prüflinge, deren Herkunftssprache nicht oder nicht ausschließlich Deutsch ist, können zusätzlich ein zweisprachiges Wörterbuch (Deutsch-Herkunftssprache/Herkunftssprache-Deutsch) verwenden.

Prüfungsinhalt

Aufgabe 1

Elektronen – Grundbausteine der Materie

Elektronen existieren im freien Zustand z. B. im Weltall und im gebundenen Zustand z. B. im Atom. Sie können durch verschiedene Effekte freigesetzt werden z. B. durch das Auftreffen von Licht auf Körper.

Im medizinischen Bereich ermöglichen sie sowohl diagnostische als auch therapeutische Anwendungen.

	BE
1 Die Forschungen des Dresdner Hochschulprofessors Wilhelm Hallwachs Ende des 19. Jahrhunderts zur Wechselwirkung von Licht mit Metalloberflächen legten den Grundstein für unser Verständnis des äußeren lichtelektrischen Effekts (Fotoeffekt). Diese Entdeckungen wiederum sind von großer Bedeutung für die moderne Solartechnik und tragen maßgeblich zur heutigen Stromerzeugung bei. Im Material 1 ist ein Experiment nach Hallwachs dargestellt und beschrieben. Erklären Sie unter Nutzung von Einsteins Lichtquantenhypothese die beschriebenen Beobachtungen.	6
2 Unter Nutzung einer Vakuumfotозelle (M 2) kann die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz des einfallenden Lichts ermittelt werden.	3
a Beschreiben Sie das Prinzip der Gegenfeldmethode.	4
b Ermitteln Sie unter Nutzung aller Messwerte das Planck'sche Wirkungsquantum und die Austrittsarbeit.	
3 Die Metallschicht einer weiteren Vakuumfotозelle besteht aus Silber (Austrittsarbeit 4,32 eV).	
a Weisen Sie nach, dass sichtbares Licht ungeeignet ist, den Fotoeffekt auszulösen.	3
b Die Silberschicht wird mit Laserlicht der Wellenlänge 248 nm bestrahlt. Berechnen Sie die maximale Austrittsgeschwindigkeit der Fotoelektronen.	3

- 4 In der Medizin werden Elektronenbeschleuniger für therapeutische Zwecke in der Strahlentherapie verwendet (M 3).
- a Ein Elektron bewegt sich im Innenraum des modellhaft angenommenen Plattenkondensators parallel zu den Feldlinien des elektrischen Feldes. Weisen Sie rechnerisch nach, dass die Gewichtskraft des Elektrons gegenüber der elektrischen Kraft vernachlässigbar ist (Abb. 6). 5
 - b Skizzieren Sie auf dem Arbeitsblatt 1 für die Orte A und B je einen Vektorpfeil für die elektrische Feldstärke und je einen Vektorpfeil für die Geschwindigkeit des Elektrons. 3
 - c Durch den Linearbeschleuniger sollen Elektronen auf 10 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Berechnen Sie unter Nutzung des Energieerhaltungssatzes die Anzahl der beschriebenen elektrischen Felder (M 3), die dazu mindestens von den Elektronen durchlaufen werden müssen. Die Anfangsgeschwindigkeit, mit der die Elektronen in die erste Driftröhre eintreten, darf in der Rechnung vernachlässigt werden. Eine relativistische Rechnung ist nicht erforderlich. 3

Material 1: Experimentieraufbau nach Hallwachs

Eine negativ geladene Zinkplatte ist leitend mit einem Elektroskop verbunden.

Experiment

Die Platte wird mit rotem Licht und anschließend mit ultraviolettem Licht bestrahlt.

Nur bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht entlädt sich die Zinkplatte und dadurch geht der Zeigerausschlag zurück.

Das Experiment wird mit dem ultravioletten Licht aber höherer Intensität wiederholt. Der Zeigerausschlag am Elektroskop geht schneller zurück.

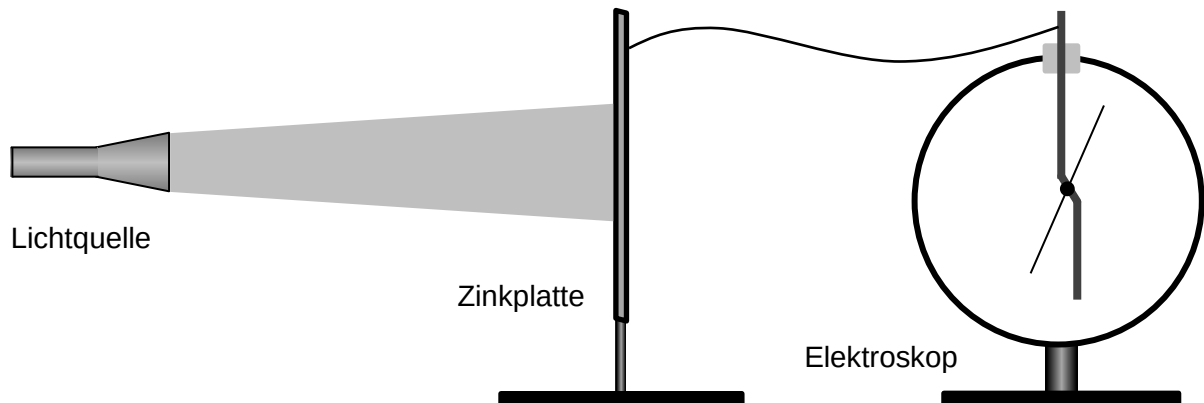


Abb. 1: Experimentieraufbau nach Hallwachs

Quelle: Aufgaben AG

Material 2: Vakuumfotозelle

Beim Experimentieraufbau nach Hallwachs können verschiedene Wechselwirkungen das Ergebnis beeinflussen. Deshalb wird zur Untersuchung des äußeren lichtelektrischen Effekts eine Vakuumfotозelle verwendet. Sie besteht aus einer Glaskammer, im Inneren befinden sich zwei Elektroden, von denen eine als Metallring und eine andere als Metallschicht ausgeführt ist. Fällt ultraviolettes Licht auf die Metallschicht, so werden Elektronen herausgelöst und es wird eine Stromstärke gemessen. Die herausgelösten Elektronen nennt man Fotoelektronen.

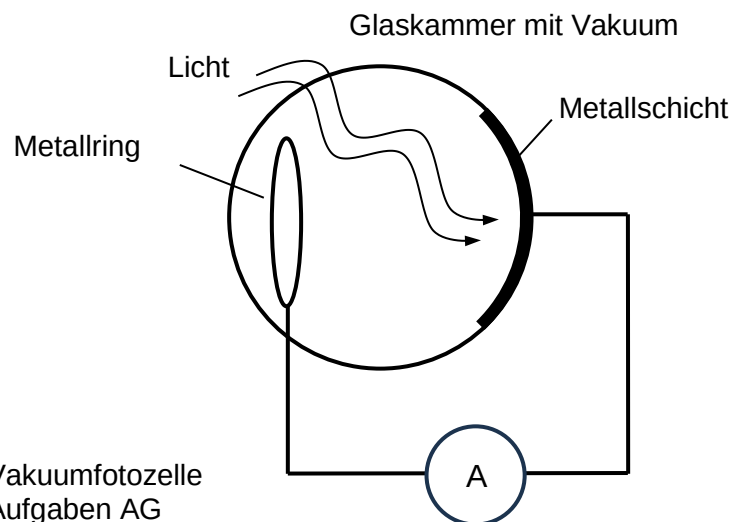


Abb. 2: Vakuumfotозelle

Quelle: Aufgaben AG

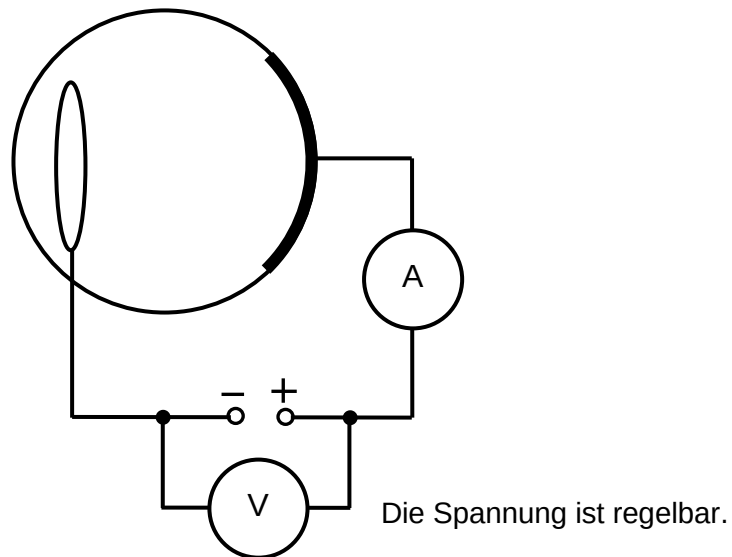


Abb. 3: Schaltplan zur Ermittlung der kinetischen Energie der schnellsten Fotoelektronen
Quelle: Aufgaben AG

Das Experiment wurde mit Licht verschiedener Frequenzen durchgeführt.
Es wurden folgende Messwerte aufgenommen:

f in 10^{14} Hz	6,4	6,9	7,4	7,7
E_{kin} in eV	0,14	0,34	0,53	0,66

Material 3: Elektronenbeschleuniger

In der Medizin werden Tumore mit Elektronen hoher Energie z. B. mit 10 MeV bestrahlt. Dafür müssen die Elektronen mehrfach beschleunigt werden. Eine Anlage, die dies ermöglicht, nennt man Linearbeschleuniger. Sie besteht aus mehreren Driftröhren im Vakuum, die mit einer Wechselspannungsquelle verbunden sind. Zwischen den Driftröhren werden die Elektronen beschleunigt. Das Innere dieser Driftröhren ist feldfrei, dort erfolgt keine Beschleunigung.

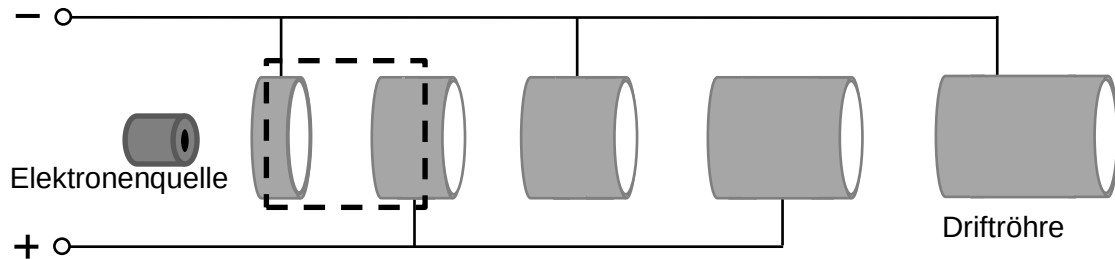


Abb. 4: Linearbeschleuniger für den Zeitpunkt t_1
Quelle: Aufgaben AG

Während die Elektronen die Driftröhren durchlaufen, werden die Driftröhren umgepolt. Dadurch werden die Elektronen im nächsten elektrischen Feld wieder in gleicher Richtung beschleunigt. Die Driftröhren haben unterschiedliche Längen und gleiche Abstände.

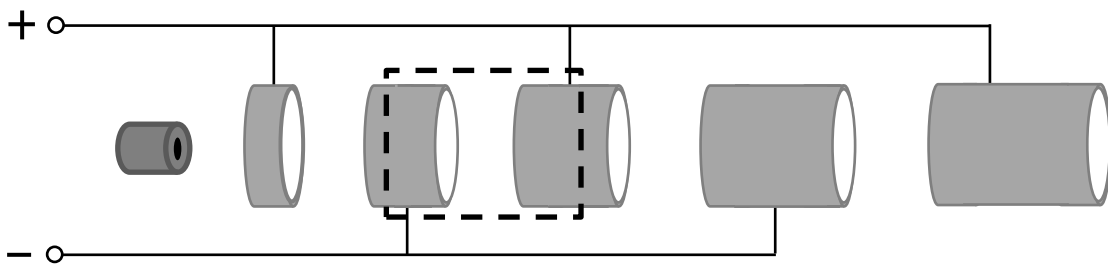


Abb. 5: Linearbeschleuniger für den Zeitpunkt t_2
Quelle: Aufgaben AG

Die Abbildung 6 zeigt den Raum zwischen zwei benachbarten Driftröhren. Die Spannung an dem modellhaft angenommenen Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d = 1,0 \text{ cm}$ beträgt 300 V.

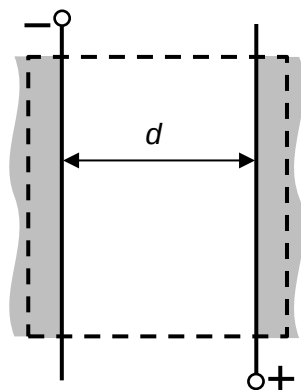


Abb. 6: Plattenkondensator
Quelle: Aufgaben AG

- L E E R S E I T E -

Prüfungsinhalt

Aufgabe 2

Elektroneninterferenz am Doppelspalt

Im Jahr 1923 postulierte Louis de Broglie, dass Materieteilchen auch Welleneigenschaften zugeordnet werden können. Im Jahr 1961 wurde von Claus Jönsson eine experimentelle Arbeit zur Beugung von Elektronen am Doppelspalt veröffentlicht.

	BE
1 Material 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Originalveröffentlichung von C. Jönsson zur Beugung von Elektronen an einem Doppelspalt. In Material 2 ist eines der Messergebnisse abgebildet.	
a Erklären Sie, dass die Elektronenbeugungsaufnahme in Material 2 als Nachweis für die Welleneigenschaften von Elektronen gedeutet werden kann.	6
b Berechnen Sie den Beugungswinkel α_1 des Maximums 1. Ordnung, welcher unter den von C. Jönsson in Material 1 beschriebenen Versuchsbedingungen zu erwarten ist. [Kontrollwert: $\alpha_1 = 0,00014^\circ$]	6
2 C. Jönsson nennt in der Veröffentlichung einen Wert für die Beschleunigungsspannung, mit der die Elektronen auf eine einheitliche Geschwindigkeit gebracht werden.	
a Begründen Sie schrittweise und kausal korrekt strukturiert, in welcher Weise sich das Interferenzmuster aus Material 2 verändert, wenn die Beschleunigungsspannung vergrößert wird.	6
b Begründen Sie, dass das Interferenzmuster auf dem Leuchtschirm im Beugungsexperiment von C. Jönsson unscharf wird, wenn es mit einem Elektronenstrahl durchgeführt wird, in dem die Elektronen viele unterschiedliche Geschwindigkeiten haben.	4
3 Das in Material 3 beschriebene Experiment von A. Tonomura ist eine Weiterentwicklung des Doppelspaltexperimentes mit Elektronen.	
a Interpretieren Sie die gezeigten Messergebnisse in Material 3 hinsichtlich der Fragestellung, inwiefern diese die Wellen- bzw. Teilcheneigenschaften der Elektronen zeigen.	4
b Erläutern Sie Feynmans Aussage zur Quantentheorie, dass es unmöglich ist, Ereignisse genau vorherzusagen (M 4), am Beispiel des Experimentes von Tonomura (M 3).	4

Material 1: Ausschnitt aus „Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten“ von C. Jönsson

„Der aus solchen Überlegungen folgende naheliegende Versuch, Elektronenbeugung am künstlich hergestellten Spalt [...] zu machen, stößt auf einige technische Schwierigkeiten, die seine Verwirklichung bisher verhindert haben. Hier wurden stets auf 50 kV beschleunigte Elektronen verwendet, deren de Broglie-Wellenlänge etwa $5 \cdot 10^{-12}$ m beträgt.“

(Die Rechtschreibung und die Verwendung von Fachbegriffen folgt dem Original.)

Die im Versuch von C. Jönsson verwendeten Spalte hatten eine Breite von jeweils $0,5 \mu\text{m}$ und einen Spaltmittenabstand von $2 \mu\text{m}$. Der Leuchtschirm, auf dem das Interferenzmuster in Abb.1 beobachtet wurde, hatte einen Abstand von 350 mm von den Spalten.

Material 2: Elektronenbeugungsaufnahme am Doppelspalt von C. Jönsson

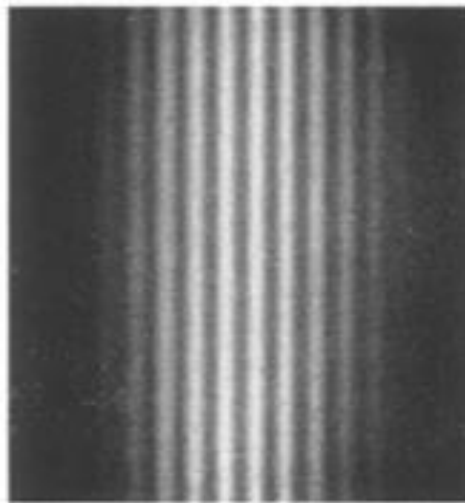


Abb. 1: Interferenzmuster auf einem Leuchtschirm hinter einem mit Elektronen beschossenen Doppelspalt. Je mehr Elektronen an einem Ort des Schirms auftreten, desto heller leuchtet er dort.

Hinweis:

Diese Abbildung wurde stark vergrößert dargestellt und entspricht nicht den in der Aufgabe angegebenen Abmessungen.

Material 3: Elektronenbeugung am Doppelspalt von A. Tonomura

Im *American Journal of Physics* 57, 117 (1989) berichtet A. Tonomura von einem Experiment, bei dem Elektronen mit einer Beschleunigungsspannung von 50 kV beschleunigt und auf eine wie ein Doppelspalt wirkende Anordnung gesendet wurden. Es handelt sich um eine Weiterentwicklung des Experimentes von C. Jönsson, in der die Anzahl der Elektronen im Elektronenstrahl so weit reduziert wurde, dass sich zu jedem Zeitpunkt nur noch ein einziges Elektron zwischen Quelle und Schirm befindet.

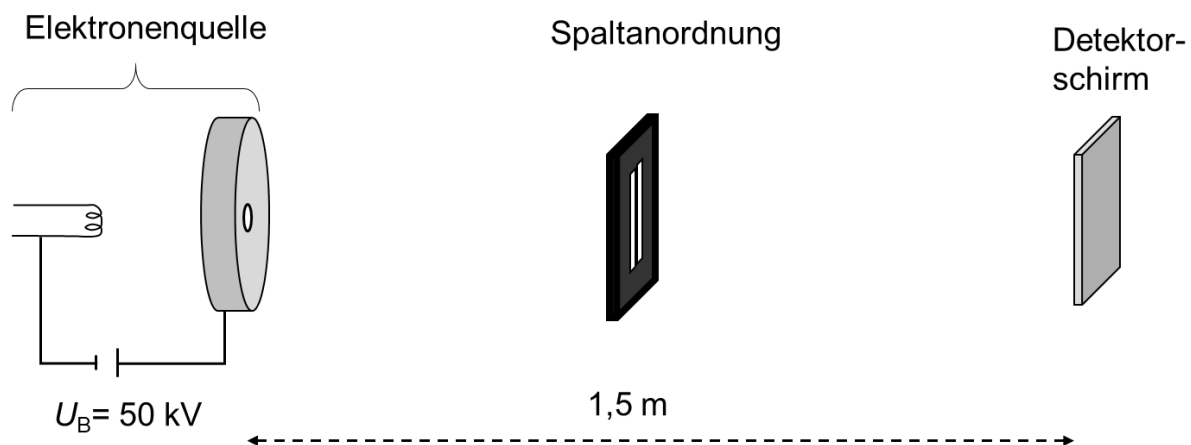


Abb. 2: Schematischer Versuchsaufbau von A. Tonomura

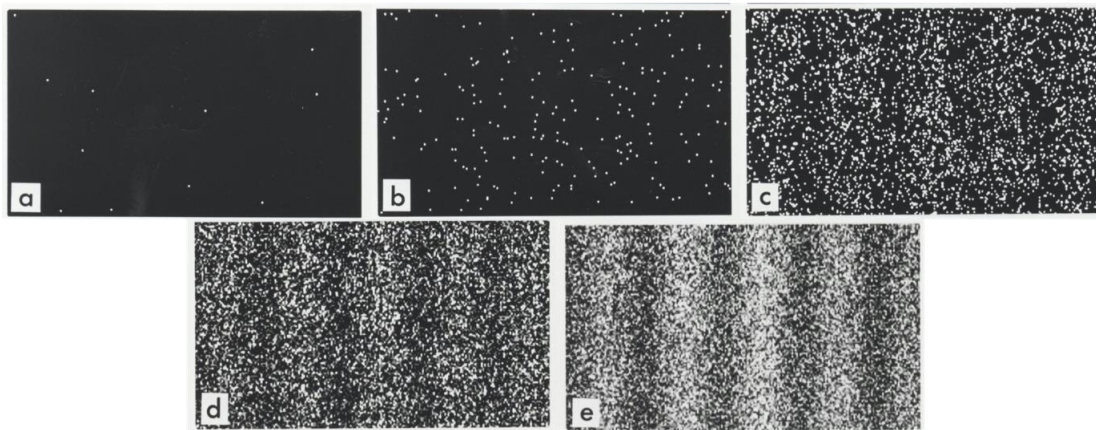


Abb. 3 a bis e: Aufgenommene Schirmbilder mit a) 11 Elektronen, b) 200 Elektronen, c) 6000 Elektronen, d) 40000 Elektronen, e) 140000 Elektronen

Material 4: Zitat von Richard Feynman zum Doppelspaltexperiment

„Wir möchten einen sehr wichtigen Unterschied zwischen der klassischen Mechanik und der Quantenmechanik hervorheben. [...] Wir haben dabei stillschweigend vorausgesetzt, dass es in unserem experimentellen Aufbau (und selbst in dem bestmöglichen) unmöglich sein würde, genau vorherzusagen, was passiert. Wir können nur die Wahrscheinlichkeit vorhersagen! [...] Wir wissen nicht, wie man vorhersagen könnte, was unter vorgegebenen Umständen passieren würde, und wir glauben heute, dass es unmöglich ist und dass das Einzige, was vorhergesagt werden kann, die Wahrscheinlichkeit verschiedener Ereignisse ist.“

Prüfungsinhalt

Wählen Sie **eine** der nachfolgenden Aufgaben 3.1 **oder** 3.2 zur Bearbeitung aus.

Aufgabe 3.1

Elektromagnetische Induktion

Nach der Entdeckung Oerstedts (1820), dass stromdurchflossene Leiter ein Magnetfeld erzeugen, untersuchte Michael Faraday die Wechselwirkung zwischen elektrischem Strom und Magneten. 1831 entdeckte er die elektromagnetische Induktion.

Faraday formulierte seine Erkenntnisse wie folgt:

„Wenn ein Stück Draht magnetische Kraftlinien schneidet, dann entsteht eine Spannung, es fließt Strom. Dabei ist nicht wichtig, ob der Draht am Magneten vorbeigeführt wird oder der Magnet am Draht. Es kommt nur auf die Relativbewegung der beiden zueinander an.“

Quelle: [www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/](http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/Geschichte_der_Elektrochemie/modern/fara4.html)

[Didactics/Geschichte_der_Elektrochemie/modern/fara4.html](http://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/Geschichte_der_Elektrochemie/modern/fara4.html), 31.10.2023

	BE
1 In den Abbildungen des Materials 1 sind drei Experimente dargestellt. Entscheiden Sie, in welchen der Experimente eine Spannung induziert wird und begründen Sie unter Nutzung des Induktionsgesetzes.	6
2 Im Material 2 ist eine Experimentieranordnung abgebildet und beschrieben.	
a Ermitteln Sie unter Nutzung der Gleichung $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N \cdot I}{\ell}$ die relative Permeabilität für den Eisenkern.	3
b An die Spule 1 wird eine Gleichspannung angelegt, die Stromstärke ändert sich innerhalb von 3,0 ms von 0 A auf 1,5 A. Berechnen Sie unter Nutzung aller Daten die mittlere in Spule 2 induzierte Spannung.	3
3 Die Abbildung 4 im Material 3 zeigt eine Nachbildung des historischen Versuchsaufbaus von Faraday. Begründen Sie unter Nutzung einer kausalen Argumentationskette, dass zwischen den Enden des Drahtes B kurzzeitig eine Spannung gemessen werden kann. Nutzen Sie das Induktionsgesetz.	4

4 Fachpraktischer Teil

Transformatoren nutzen das Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Im Material 4 ist u. a. der Aufbau eines Transformators dargestellt.

- a** Führen Sie Untersuchungen zur Spannungsübersetzung am unbelasteten Transformator durch. Planen Sie das Experiment unter Nutzung des Materials 4. Alle erforderlichen Geräte und Hilfsmittel sind am Arbeitsplatz bereitgestellt. Erfragen Sie bei der Aufsicht führenden Fachlehrkraft die Spannung U_1 und die Windungszahl N_1 .
Skizzieren Sie einen Schaltplan und bauen Sie die Schaltung auf. 3
Messen Sie die Primär- und Sekundärspannung. 2
Ersetzen Sie die Sekundärspule durch eine Spule anderer Windungszahl und wiederholen Sie die Messungen. 2
Beurteilen Sie, ob das Modell idealer Transformator auf die von Ihnen verwendete Anordnung anwendbar ist. 2

Hinweise:

Sollte Ihnen die Planung oder der Versuchsaufbau nicht gelingen, so können Sie bei der Aufsicht führenden Fachlehrkraft Hilfe anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden bis zu 3 Bewertungseinheiten nicht erteilt.

- b** Grundsätzlich werden Transformatoren belastet. Abbildung 7 in Material 4 zeigt Ihnen den Experimentieraufbau. Verwenden Sie für den Transformator das Windungszahlverhältnis 1:1.
Stellen Sie für beide Schaltungen die Spannung 6,0 V an der Spannungsquelle ein. 3
Vergleichen Sie die Helligkeit der Lampen und begründen Sie Ihre Beobachtung.
- c** Die induzierte Spannung U_2 soll in der Praxis gleich der Betriebsspannung $U = 6,0 \text{ V}$ der Glühlampe entsprechen. Eine Möglichkeit ist, die Primärspannung anzupassen, ohne das Verhältnis der Windungszahlen zu ändern.
Ergänzen Sie die Experimentieranordnung durch Messgeräte für U_1 und U_2 . 2
Ermitteln Sie experimentell die Primärspannung U_1 .

Material 1: Experimente zum Induktionsgesetz

Experiment 1: Ein Stabmagnet wird in die Spule hinein bewegt.

Experiment 2: Ein Eisenkern wird in die Spule hinein bewegt.

Experiment 3: Eine Spule befindet sich vollständig in einem homogenen zeitlich konstanten Magnetfeld und rotiert.

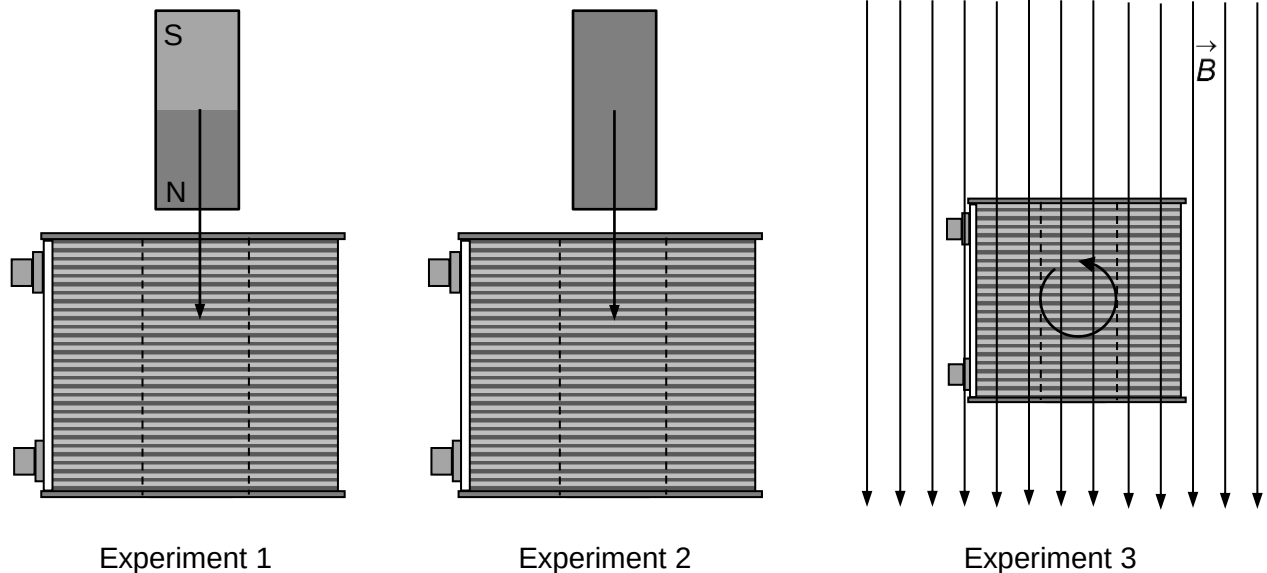


Abb. 1: Schematische Darstellung der Experimente
Quelle: Aufgaben AG

Material 2: Experimentieranordnung

Ein Eisenkern wird aus mehreren Eisenstäben gebildet und befindet sich im Inneren zweier Spulen (Abb. 2). Spule 1 hat 250 und Spule 2 hat 1000 Windungen. Querschnittsfläche $A = 25 \text{ cm}^2$ und Länge $\ell = 6,5 \text{ cm}$ sind jeweils für beide Spulen gleich. An Spule 1 ist eine Gleichspannung angelegt und die Stromstärke wird gemessen, diese Stromstärke wird im Verlaufe des Experimentes geändert. Spule 1 erzeugt ein Magnetfeld, dieses durchsetzt auch Spule 2.

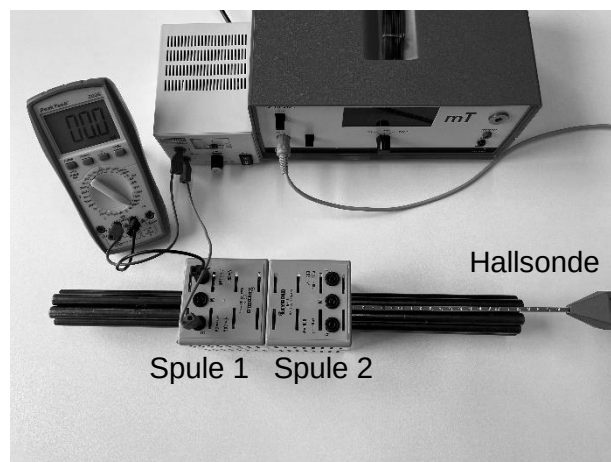


Abb. 2: Versuchsaufbau
Quelle: Aufgaben AG

Unter Nutzung einer Hallsonde wird die Flussdichte für dieses Magnetfeld jeweils für den Innenraum der Spulen 1 und 2 gemessen. Das Diagramm zeigt die mittleren Flussdichten B für Spule 1 und für Spule 2 in Abhängigkeit von der Stromstärke I . Die Abbildung 3 zeigt das $B(I)$ – Diagramm.

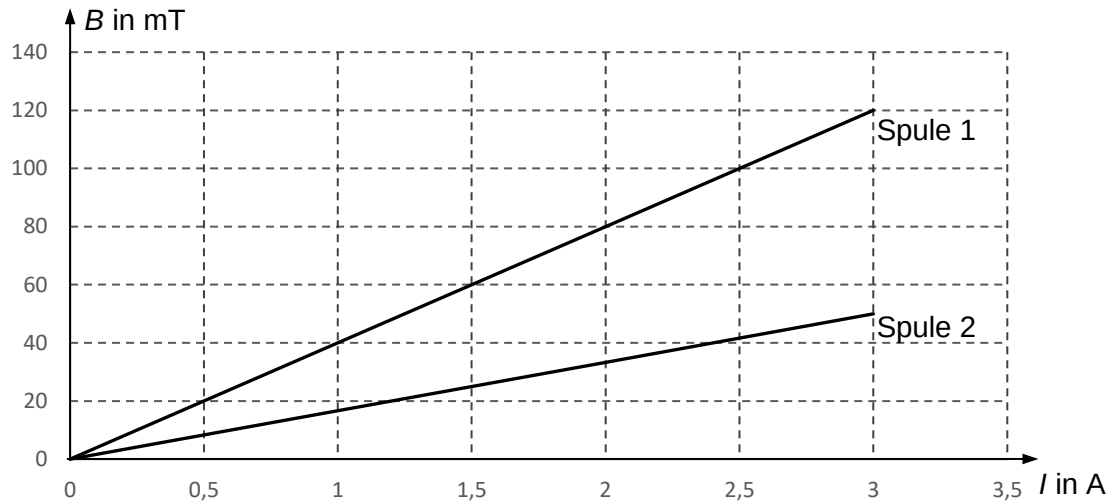


Abb. 3: $B(I)$ – Diagramm
Quelle: Aufgaben AG

Material 3: Nachbildung des historischen Versuchsaufbaus von Faraday

Zwei isolierte Drähte sind auf einen Weicheisenring gewickelt. An den Enden des Drahtes A wird eine Gleichspannung angelegt. Zwischen den Enden des Drahtes B kann kurzzeitig eine Spannung nachgewiesen werden.

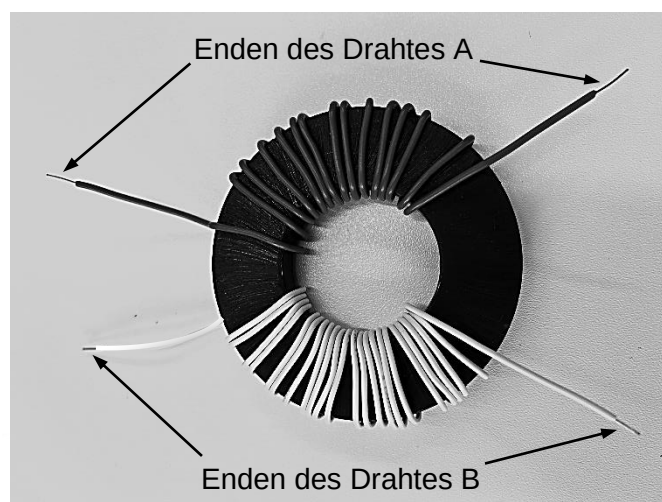


Abb. 4: Weicheisenring mit den Drähten A und B
Quelle: Aufgaben AG

Material 4: Spannungsübersetzung an einem Transformator

Der Ring Faradays (M 3) kann als erster Transformator angesehen werden. Für verschiedene Geräte werden Spannungen mit unterschiedlichen Beträgen benötigt. Die Umwandlung der Spannungen erfolgt durch den Einsatz von Transformatoren.

Ein Transformator besteht aus zwei Spulen mit geschlossenem Eisenkern. Die Primärspule mit der Windungszahl N_1 wird an eine Wechselspannungsquelle der Primärspannung U_1 angeschlossen. An der Sekundärspule mit der Windungszahl N_2 wird die Sekundärspannung U_2 induziert.

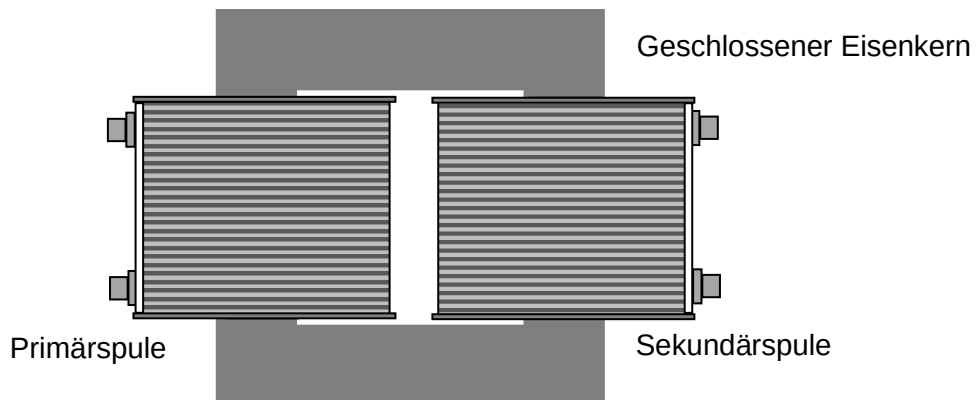


Abb. 5: Prinzipieller Aufbau eines Transformators
Quelle: Aufgaben AG

Für den unbelasteten idealen Transformator gilt für die Spannungsübersetzung $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$.

Der ideale Transformator ist ein Modell, bei dem von Energieverlusten abgesehen wird. Als unbelastet wird ein Transformator bezeichnet, wenn im Sekundärstromkreis kein Strom fließt. Belastet wird ein Transformator genannt, wenn im Sekundärstromkreis Strom fließt, z. B. weil ein elektrisches Gerät angeschlossen ist.

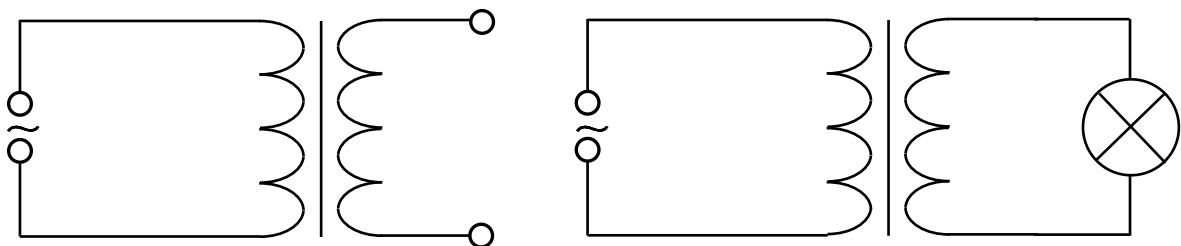


Abb. 6: Unbelasteter Transformator und belasteter Transformator
Quelle: Aufgaben AG

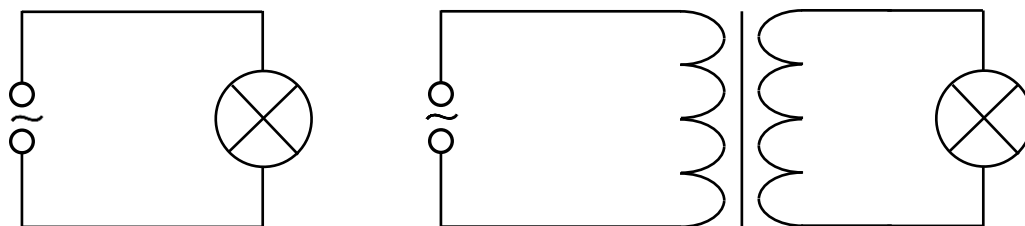


Abb. 7: Schaltpläne
Quelle: Aufgaben AG

Aufgabe 3.2

Eigenschaften von Licht

Thomas Young veröffentlichte 1804 im Journal „The philosophical transactions of the Royal Society of London“ ein Experiment, mit dem er die Wellennatur des Lichts zeigen wollte.

- 1** In Material 1 wird das von Thomas Young durchgeführte Experiment dargestellt. Erklären Sie die in Material 1 genannten Beobachtungen mithilfe eines Modells.

BE

4

2 Fachpraktischer Teil

Das Experiment von Thomas Young gilt als Vorläufer späterer Doppelspaltexperimente.

- a** Erzeugen Sie unter Verwendung von Material 2 ein Interferenzbild mit dem Doppelspalt auf dem Schirm.
Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen, indem Sie eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus mit seinen genauen Maßen anfertigen.
- b** Tauschen Sie den Doppelspalt gegen das zur Verfügung gestellte Gitter aus, dessen prinzipieller Aufbau im Material 3 beschrieben ist.
Fertigen Sie eine Skizze des Interferenzbildes in geeignetem Maßstab an.
Beschreiben Sie die zu beobachtenden Unterschiede im Vergleich zum Doppelspalt.
- c** Bestimmen Sie mithilfe des Gitters die Wellenlänge des Lasers.
Dokumentieren Sie hierbei ihre Vorgehensweise.

6

6

7

Hinweise:

Sollte Ihnen der Aufbau des Versuchs oder die Durchführung in 2 c nicht gelingen, so können Sie bei der Aufsicht führenden Fachlehrkraft Material anfordern. Den nicht erbrachten Leistungen entsprechend werden 5 Bewertungseinheiten nicht erteilt.

- 3** Beschreiben Sie einen Unterschied zwischen dem Aufbau des Experimentes von Young und dem von Ihnen in Aufgabe 2 durchgeführten Interferenzexperiment am Doppelspalt und welche Auswirkung dieser Unterschied auf das jeweils zu beobachtende Interferenzbild hat.
- 4** Erklären Sie die Bedeutung des Experimentes von Young für die physikalische Beschreibung von Licht, indem Sie auf die Grenzen des Lichtstrahlmodells eingehen.

3

4

Material 1: Experiment von Young

Youngs Idee war ein Experiment, „das, wenn die Sonne scheint, mit Leichtigkeit und ohne jede Vorrichtung, die nicht jedermann zur Verfügung steht, wiederholt werden kann“. Es ist ein gutes Beispiel dafür, wie mit einfachen Mitteln große wissenschaftliche Fortschritte erzielt werden können. Young schreibt: „Ich machte ein kleines Loch in einen Fensterladen und bedeckte es mit einem dicken Stück Papier, das ich mit einer feinen Nadel durchstach.“ Dann hielt er eine Spielkarte in den Sonnenstrahl und teilte so das Lichtbündel in zwei Teile. Auf der gegenüberliegenden Wand sah er Interferenzstreifen, die verschwanden, wenn er das Licht auf einer der beiden Seiten der Spielkarte verdeckte.

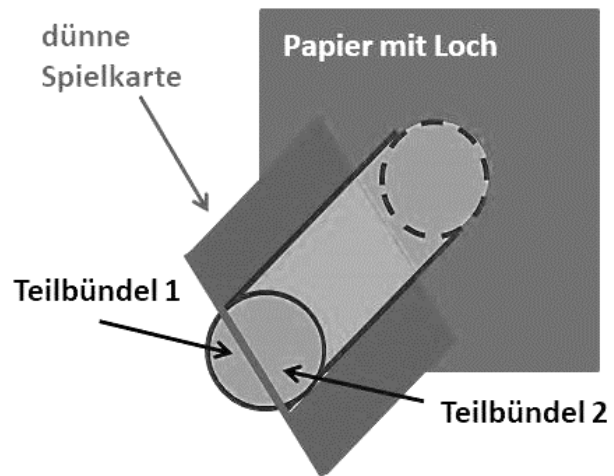


Abb. 1: Prinzip des Aufbaus von Young

Material 2: Hinweise zur Durchführung des Versuchs in Aufgabe 2

Geräte:

- Laser (rot, Wellenlänge λ unbekannt)
- Doppelspalt
- optisches Gitter
- Schirm
- Lineal / Maßstab
- optische Bank
- Halter, Befestigungsmaterial

Beachten Sie die Sicherheitshinweise im Umgang mit Lasern.

Material 3: Optisches Gitter

Optische Bauteile, bei denen viele lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Bereiche in Form von Strichen nebeneinander angeordnet sind, heißen optische Gitter. Vereinfacht gesagt sind es viele Doppelspalte nebeneinander.

Wenn ein Gitter 500 Striche (also 500 lichtdurchlässige Bereiche) pro mm besitzt, hat es einen Spaltmittenabstand (auch Gitterkonstante genannt) von

$$g = \frac{1}{500} \text{ mm} = 2,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}.$$

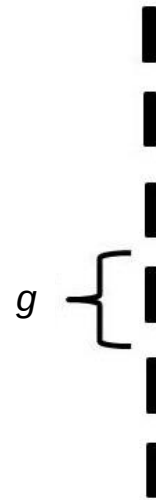


Abb. 2: Gitter

Für konstruktive Interferenz am Gitter gelten analog zum Doppelspalt die Bedingungen:

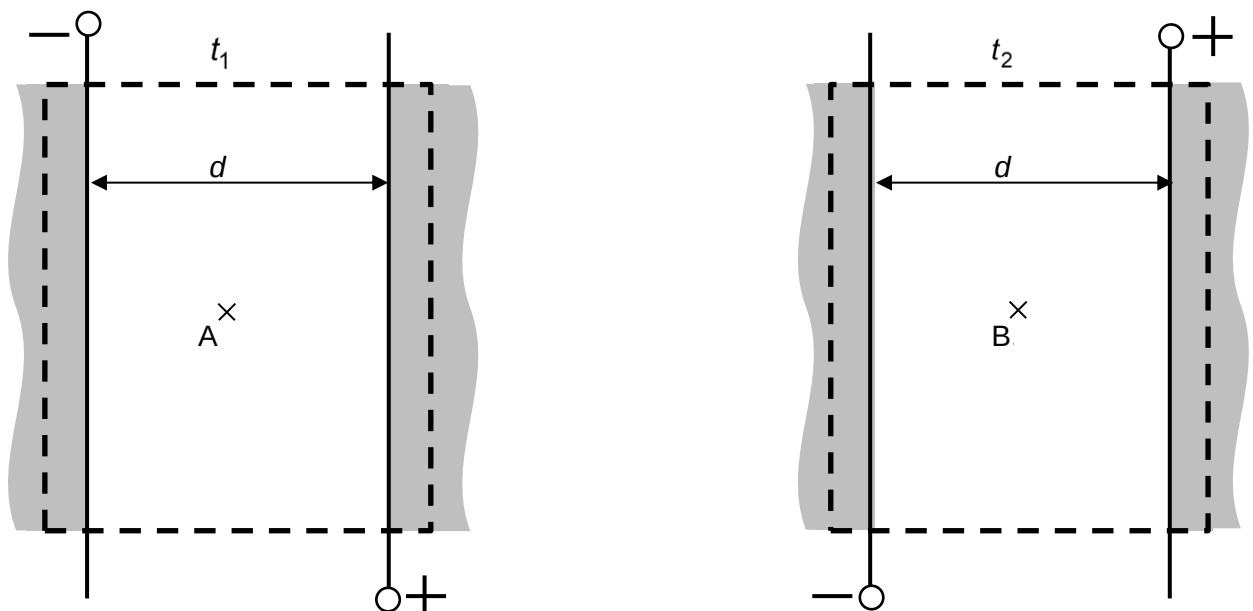
$\tan \alpha_k = \frac{a_k}{\ell}$	a_k	Abstand zwischen dem Maximum nullter und dem Maximum k-ter Ordnung auf dem Beobachtungsschirm
	ℓ	Abstand Gitter-Schirm
$\sin \alpha_k = \frac{k \cdot \lambda}{g}$	k	Ordnung
	λ	Wellenlänge
	g	Gitterkonstante (Spaltmittenabstand)
	α_k	Winkel unter dem das Maximum k-ter Ordnung erscheint

Arbeitsblatt 1

Ein Elektron wird beschleunigt, es passiert den Ort A zum Zeitpunkt t_1 und zu einem späteren Zeitpunkt t_2 den Ort B.

Die Abbildung zeigt vereinfacht den Raum zwischen der ersten und der zweiten Driftröhre für den Zeitpunkt t_1 bzw. den Raum zwischen der zweiten und dritten Driftröhre für den späteren Zeitpunkt t_2 für ein und denselben Linearbeschleuniger.

Die Spannung ist zu beiden Zeitpunkten betragsgleich.



- L E E R S E I T E -