

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2009

Physik, Grundkurs

1. Aufgabenart

- Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments (Aufgabe 1)
- Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält (Aufgabe 2)

2. Aufgabenstellung

Aufgabe 1: Kräfte auf bewegte Ladungen in Leitern im Magnetfeld	(50 Punkte)
Aufgabe 2: Interferenzversuche mit Mikrowellen	(50 Punkte)

3. Materialgrundlage

Versuchsmaterial und -aufbau

Hinweise zum Experiment in Aufgabe 1:

Versuchsaufbau:

Siehe dazu das Foto in der Anleitung für die Prüflinge.

Anleitungstext zur Versuchsdurchführung:

Das Magnetfeld kann mittels eines Helmholtzspulenpaares erzeugt werden. Dazu ist die Röhre zur e/m-Bestimmung auszubauen und das Spulenpaar anschließend um 90° zur Vertikalen zu kippen, sodass das Magnetfeld senkrecht verläuft. Die Leiterschaukel ist an eine belastbare Gleichspannung (Ströme bis ca. 10 A) anzuklemmen, die Stromstärke ist zu messen.

Das Experiment zu der Teilaufgabe c) muss nicht aufgebaut werden. Wenn der Silberstreifen in der Sammlung vorhanden ist sollte er dazugelegt werden.

Sollte kein Spulenpaar zur Verfügung stehen, kann ersatzweise mit einem Hufeisenmagneten gearbeitet werden. Auf eine sorgfältige Angabe der Polung +/- beim Aluminiumleiter ist zu achten. Die Orientierung des Magnetfeldes des Helmholtzspulenpaares sollte mit einer Kompassnadel (Inklinationsnadel) verdeutlicht werden.

Die Anwendung der 3-Finger-Regel darf den Prüflingen keinesfalls vorgeführt werden!

Die Bestimmungen RISU sind einzuhalten.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2009

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Aufgabe 1:

- Ladungen und Felder
 - Elektrisches Feld, elektrische Feldstärke (Feldkraft auf Ladungsträger im homogenen Feld)
 - Magnetisches Feld, magnetische Feldgröße B , Lorentzkraft
 - Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Aufgabe 2:

- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen
 - Interferenz (Mikrowelleninterferenz, Wellenlängenmessung)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Physikalische Formelsammlung
- Wissenschaftlicher Taschenrechner (ohne oder mit Grafikfähigkeit)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

6.1 Modelllösungen

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die nachfolgenden Modelllösungen erfassen nicht notwendigerweise alle sachlich richtigen Lösungsalternativen.

Sollte die Auswertung der Messdaten mit Hilfe eines grafikfähigen TR oder CAS erfolgen, so muss der Prüfling die entstandenen Graphen für die korrigierende Lehrkraft skizzenhaft in seiner Reinschrift dokumentieren.

Aufgabe 1: Kräfte auf bewegte Ladungen in Leitern im Magnetfeld

a) Stromdurchflossene Leiter erfahren eine Kraft F im Magnetfeld. Es gilt die 3-Finger-Regel (der linken Hand). Die Kraft wirkt senkrecht zum Leiter der Länge d_1 und senkrecht zum Magnetfeld der Spulenpaars.

Aus der Zeichnung ergibt sich:

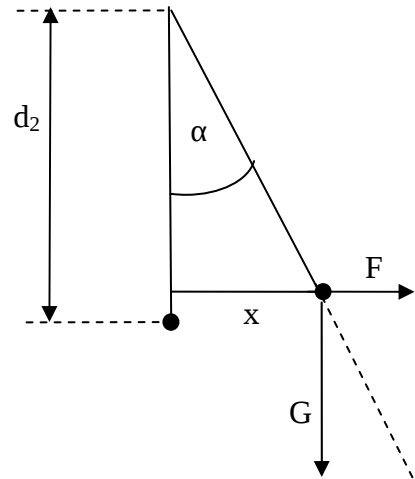
$$\frac{F}{G} = \tan(\alpha).$$

Da gilt: $\frac{x}{d_2} = \sin(\alpha) \approx \tan(\alpha)$ (bei Kleinwinkel-

näherung) folgt die gesuchte Beziehung.

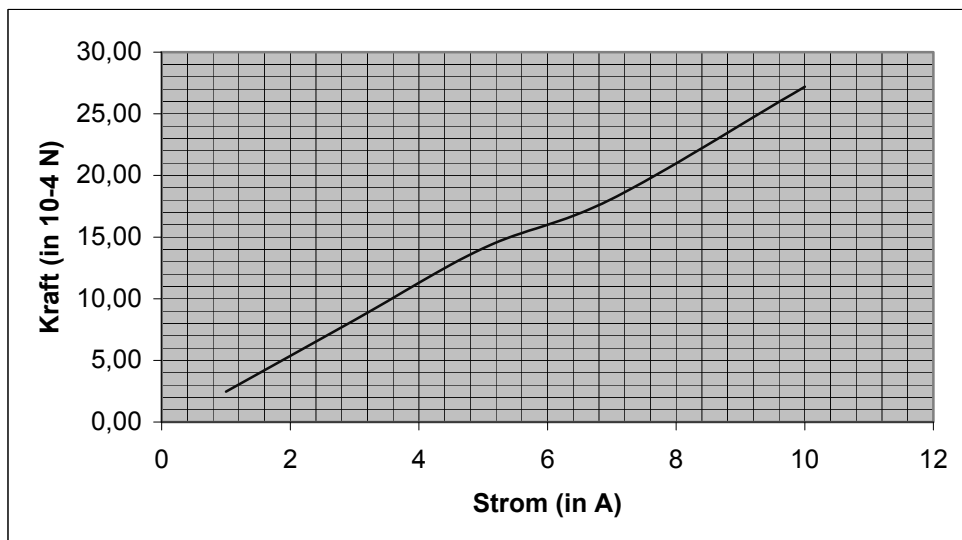
Bei dieser Anordnung der Stromzuführung zu dem Aluminiumleiter ist die Stromrichtung in den Kupferfäden nahezu parallel bzw. antiparallel zu den

Feldlinien des Magnetfeldes. Daher ist die Lorentzkraft auf die in diesen Leitern bewegten Elektronen nahezu Null.



I_2 in A	1	3	5	7	10
F in 10^{-4} N	2,48	8,27	14,06	18,19	27,29

Es ergibt sich (annähernd) eine Ursprungsgerade: $F \propto I_2$.



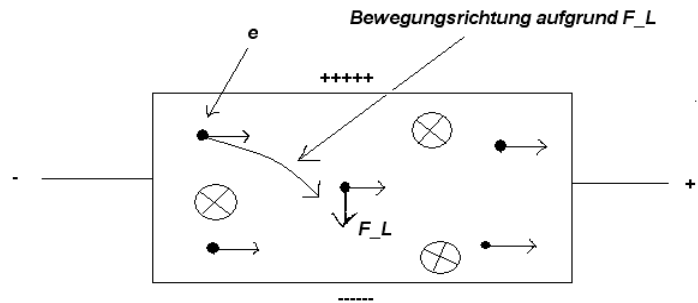
Die angegebene Beziehung $F = B \cdot I_2 \cdot d_1$ bestätigt eine Ursprungsgerade, fasst man das Produkt aus B und d_1 als Steigungsfaktor auf.

Ermittlung von B (z. B.): $\frac{14,1 \cdot 10^{-4} \text{N}}{5 \text{ A} \cdot 85 \cdot 10^{-3} \text{m}} = 3,32 \cdot 10^{-3} \text{T}$ (leichte Abweichungen sind

möglich, je nach Wahl des Messwertpaares).

b) Mögliche Skizze: (vereinfachend)

Auf jedes sich bewegende Elektron wirkt die Lorentzkraft gemäß der 3-Finger-Regel. Die Kraft verursacht eine Ablenkung der Elektronen zum unteren Rand des Silberbandes, deshalb entsteht dort eine „Ansammlung“ von Elektronen, somit ein Minuspol, am oberen Rand des Streifens entsprechend der „Verdünnung“ der negativen Ladungsträger ein Pluspol.



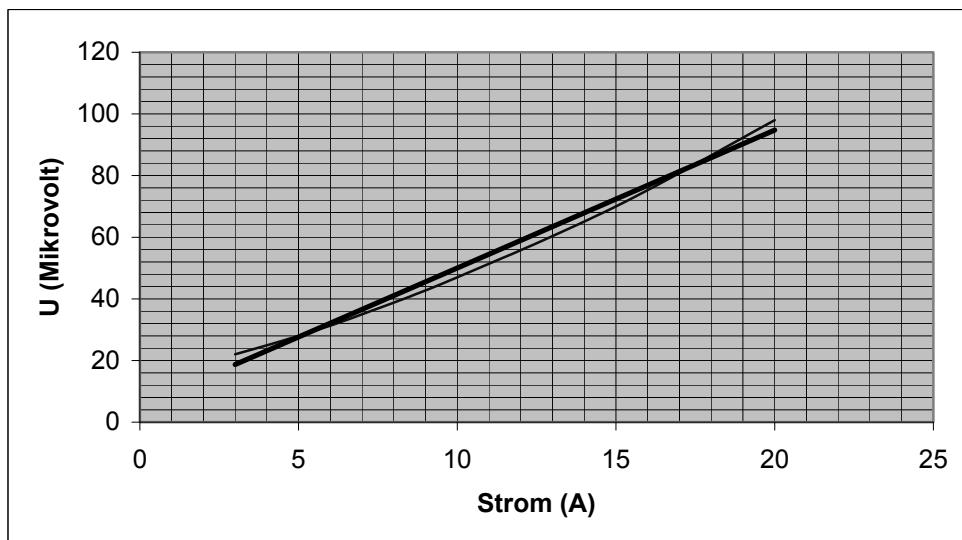
Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Es wird nicht erwartet, dass exakter auf den tatsächlichen Bahnverlauf der Elektronen eingegangen wird. Die Modelllösung stellt eine erhebliche fachliche Reduktion dar.

c) Möglich ist z. B. eine graphische Darstellung oder die Quotientenbildung $\frac{U}{I}$ mit den

Ergebnissen 7,33 / 5,2 / 5,0 / 4,70 / 4,67 / 4,90 (Angabe in $10^{-6} \frac{V}{A}$). Diese Werte legen

die Idee eines linearen Verlaufs nahe, da der Quotient (bis auf den ersten Wert) nahezu konstant ist.



Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die Grafik zeigt eine lineare Regression. Diese gehört nicht zur erwarteten Leistung.

Der Quotient $\frac{U}{I}$ kann als Widerstand R gedeutet werden, $R = 4,7 \cdot 10^{-6} \Omega$.

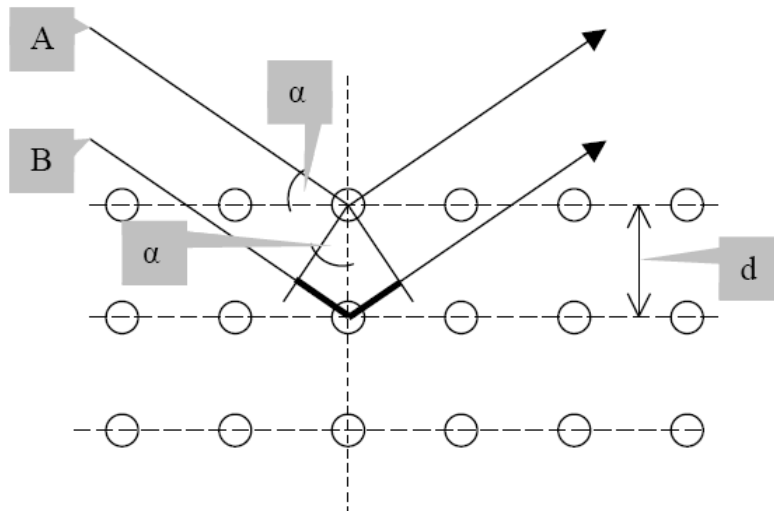
Die entstehende Spannung U verursacht eine Feldstärke $E = \frac{U}{b}$. Diese Feldstärke E erzeugt eine Kraft F_E auf jedes sich bewegende Elektron, die der zusätzlich wirkenden Lorentzkraft F_L entgegenwirkt. Solange F_L überwiegt, werden mehr Elektronen an den unteren Rand des Bandes gedrängt. Damit steigt die Spannung U an, die elektrische Feldstärke E erhöht sich, die Kraft F_E steigt an. Ab einem bestimmten Zeitpunkt sind die beiden Kräfte gleich groß und es erfolgt keine weitere Ablenkung von Elektronen an den unteren Rand. Die Spannung U bleibt nun konstant.

Dann gilt: $e \cdot v \cdot B = e \cdot \frac{U}{b}$. Daraus folgt: $b \cdot v \cdot B = U$.

$$v = \frac{U}{B \cdot b} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ V}}{10^{-2} \text{ T} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = \frac{1 \text{ m}}{20 \text{ s}}$$

Aufgabe 2: Interferenzversuche mit Mikrowellen

- a) Die Strahlen A und B treten phasengleich in den Styroporblock ein und werden an den Aluminiumkugeln des Kristalls gestreut. Strahl B hat beim Austritt aus dem Styroporblock einen Gangunterschied, der in der Skizze verstärkt dargestellt ist. Die Strahlen A und B verlaufen nach dem Austritt phasenverschoben. Die Geometrie liefert $\Delta s = d \cdot \sin \alpha$, sodass der gesamte Gangunterschied $2 \cdot \Delta s = 2 \cdot d \cdot \sin \alpha$ beträgt. Wenn der Gangunterschied ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge λ beträgt, tritt konstruktive Interferenz zwischen den Strahlen A und B auf. Somit lautet die notwendige Bedingung: $2 \cdot d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$. Die Variable n zählt dabei die auftretenden Wellenlängen in dem gesamten Gangunterschied. Dabei muss n eine natürliche Zahl sein.



- b) Das Diagramm zeigt im Intervall $[0^\circ; 10^\circ]$ eine hohe Intensität, da ein Großteil des Mikrowellenbündels den Styroporblock ohne Streuung verlässt. Sender und Empfänger stehen sich bei $\alpha = 0^\circ$ direkt gegenüber. Vergrößert sich der Winkel, so wird der Empfänger nicht mehr direkt getroffen. Dies führt zur Verringerung der Intensität. Im Intervall $[15^\circ; 25^\circ]$ steigt die Intensität, da Bragg-Reflexion 1. Ordnung vorliegt. Im Intervall $[35^\circ; 45^\circ]$ steigt die Intensität, da Bragg-Reflexion 2. Ordnung vorliegt.

- c) Das Diagramm zeigt Maxima bei den Winkeln $\alpha_1 = 19^\circ$ und $\alpha_2 = 43^\circ$. Die Bragg'sche Reflexionsbedingung ermöglicht nach entsprechender Umformung die Berechnung der Wellenlänge der Strahlung:

$$2 \cdot d \cdot \sin \alpha_n = n \cdot \lambda \leftrightarrow \lambda = \frac{2 \cdot d \cdot \sin \alpha_n}{n}$$

Für $\alpha_1 = 19^\circ$ und $n = 1$ liefert die Bragg-Bedingung: $\lambda = 2,60 \text{ cm}$,

für $\alpha_2 = 43^\circ$ und $n = 2$ liefert die Bragg-Bedingung: $\lambda = 2,73 \text{ cm}$.

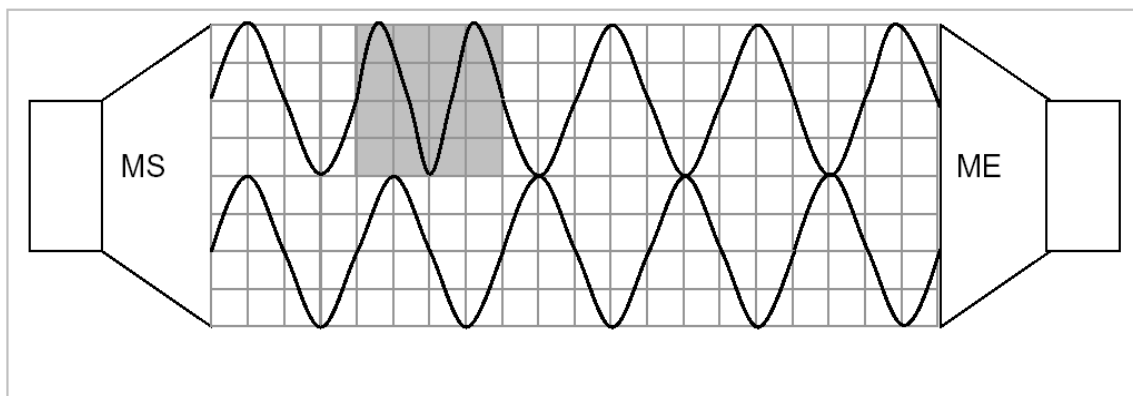
Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Die Lage der Maxima kann mit einer Toleranz von bis zu 2° akzeptiert werden. In den folgenden Aufgabenteilen wird in der Modelllösung der Begriff Phasenverschiebung analog zu den entsprechenden Gangunterschieden der Wellen verwendet.

- d) Versuch C: Der Plexiglasquader bewirkt durch die Verringerung der Geschwindigkeit eine Reduzierung der Wellenlänge. Beim Austritt aus dem Plexiglas liegt eine Phasenverschiebung um eine halbe Wellenlänge vor. Dies führt zu einer Auslöschung mit dem zweiten Teilbündel.

Versuch D: Im Unterschied zu Versuch C beträgt die Phasenverschiebung wegen des doppelt dicken Plexiglasquaders eine ganze Wellenlänge. Die Überlagerung ist konstruktiv und führt zu der hohen Intensität.

e)



Im Plexiglasquader verringert sich die Wellenlänge auf Grund der geringeren Geschwindigkeit der Welle. Hierdurch ergibt sich eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Wellenbündeln. Wenn die Phasenverschiebung einer halben Wellenlänge entspricht, so resultiert eine gegenseitige Auslöschung der beiden Bündel im Empfänger.

Hinweis für die korrigierende Lehrkraft:

Lösungen mit Phasenverschiebungen um $(2n + 1) \frac{\lambda}{2}$ sind natürlich ebenso richtig.

Der Plexiglasquader bewirkt durch die Verringerung der Geschwindigkeit eine Reduzierung der Wellenlänge. Im Plexiglas muss gegenüber dem ungestört verlaufenden Teilstrahl eine Phasenverschiebung um $\frac{1}{2} \lambda$ erfolgen. Im Plexiglas verläuft der Mikrowellenstrahl mit einer verringerten Wellenlänge λ_p .

Für den ungestörten Teilstrahl gilt: Die Luftstrecke von 2,5 cm enthält $\frac{2,5}{2,8} \lambda = 0,89 \lambda$.

Um eine Phasenverschiebung von $\frac{\lambda}{2}$ zu erreichen, müssen im Plexiglasquader

1,39 λ_p auftreten. Hieraus lässt sich λ_p und die Geschwindigkeit c_p der Welle im Plexiglas berechnen:

$$1,39 \lambda_p = 2,5 \text{ cm} \leftrightarrow \lambda_p = \frac{2,5 \text{ cm}}{1,39}$$

$$\lambda_p = 1,8 \text{ cm.}$$

Da die Frequenz f unverändert geblieben ist, gilt:

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ und } f = \frac{c_p}{\lambda_p}. \text{ Gleichsetzen liefert } \frac{c}{\lambda} = \frac{c_p}{\lambda_p} \leftrightarrow c_p = \frac{c \cdot \lambda_p}{\lambda}.$$

$$\text{Einsetzen liefert: } c_p = 0,64 \cdot c = 1,93 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

6.2 Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Aufgabe 1: Kräfte auf bewegte Ladungen in Leitern im Magnetfeld**Teilaufgabe a)**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB) ¹
	Der Prüfling	
1	erläutert den dargestellten Sachverhalt.	3 (I)
2	stellt die Situation zeichnerisch dar.	4 (II)
3	zeigt die Gültigkeit der verlangten Beziehung.	4 (II)
4	begründet, weshalb die Kraft auf die Kupferfäden vernachlässigt werden kann.	4 (II)
5	wertet die Daten in einem I_2 - F -Diagramm aus.	4 (II)
6	interpretiert hinsichtlich der genannten Beziehung.	6 (I)
7	berechnet die Stärke des magnetischen Feldes B .	3 (I)

Teilaufgabe b)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	deutet die Ablenkung der Elektronen.	3 (III)
2	erläutert die Entstehung der Spannung U .	4 (II)
3	skizziert die Kraftwirkung.	2 (III)

Teilaufgabe c)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	ermittelt einen Zusammenhang.	3 (I)
2	deutet die Steigung.	2 (II)
3	leitet die angegebene Beziehung her.	5 (II)
4	berechnet die Geschwindigkeit v .	3 (I)

¹ AFB = Anforderungsbereich

Aufgabe 2: Interferenzversuche mit Mikrowellen**Teilaufgabe a)**

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	zeichnet in der Skizze notwendige Hilfslinien und Winkel ein.	2 (I)
2	leitet die Bragg-Gleichung anhand der Skizze her.	4 (I)
3	erläutert die Herleitung und die Bedeutung von n .	3 (I)

Teilaufgabe b)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	analysiert das 1. Intervall.	2 (I)
2	analysiert das 2. Intervall.	2 (I)
3	analysiert das 3. Intervall.	2 (I)

Teilaufgabe c)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	bestimmt mit Hilfe der Bragg-Gleichung die Wellenlänge der Strahlung für $n = 1$.	2 (I)
2	bestimmt mit Hilfe der Bragg-Gleichung die Wellenlänge der Strahlung für $n = 2$.	2 (I)

Teilaufgabe d)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	begründet das Resultat von Versuch C.	6 (II)
2	begründet das Resultat von Versuch D.	6 (II)

Teilaufgabe e)

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)
	Der Prüfling	
1	zeichnet die ungestörte Welle richtig ein.	2 (I)
2	zeichnet die gestörte Welle richtig ein.	6 (II)
3	erläutert die Zeichnung.	6 (II)
4	bestimmt die Geschwindigkeit der Welle.	5 (III)

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Aufgabe 1: Kräfte auf bewegte Ladungen in Leitern im Magnetfeld

Teilaufgabe a)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert den dargestellten ...	3 (I)			
2	stellt die Situation ...	4 (II)			
3	zeigt die Gültigkeit ...	4 (II)			
4	begründet, weshalb die ...	4 (II)			
5	wertet die Daten ...	4 (II)			
6	interpretiert hinsichtlich der ...	6 (I)			
7	berechnet die Stärke ...	3 (I)			

Teilaufgabe b)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	deutet die Ablenkung ...	3 (III)			
2	erläutert die Entstehung ...	4 (II)			
3	skizziert die Kraftwirkung.	2 (III)			

Teilaufgabe c)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ermittelt einen Zusammenhang.	3 (I)			
2	deutet die Steigung.	2 (II)			
3	leitet die angegebene ...	5 (II)			
4	berechnet die Geschwindigkeit ...	3 (I)			
	Summe 1. Aufgabe	50			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Aufgabe 2: Interferenzversuche mit Mikrowellen**Teilaufgabe a)**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	zeichnet in der ...	2 (I)			
2	leitet die Bragg-Gleichung ...	4 (I)			
3	erläutert die Herleitung ...	3 (I)			

Teilaufgabe b)

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	analysiert das 1. Intervall.	2 (I)			
2	analysiert das 2. Intervall.	2 (I)			
3	analysiert das 3. Intervall.	2 (I)			

Teilaufgabe c)

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	bestimmt mit Hilfe ...	2 (I)			
2	bestimmt mit Hilfe ...	2 (I)			

Teilaufgabe d)

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
1	begründet das Resultat ...	6 (II)			
2	begründet das Resultat ...	6 (II)			

Teilaufgabe e)

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl (AFB)	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	zeichnet die ungestörte ...	2 (I)			
2	zeichnet die gestörte ...	6 (II)			
3	erläutert die Zeichnung.	6 (II)			
4	bestimmt die Geschwindigkeit ...	5 (III)			
	Summe 2. Aufgabe	50			
	Summe der 1. und 2. Aufgabe	100			

	Summe insgesamt	100			
	aus der Punktzahl resultierende Note				
	Note ggf. unter Absenkung um ein bis zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST				
	Paraphe				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: _____

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: _____

Die Klausur wird abschließend mit der Note: _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	100 – 95
sehr gut	14	94 – 90
sehr gut minus	13	89 – 85
gut plus	12	84 – 80
gut	11	79 – 75
gut minus	10	74 – 70
befriedigend plus	9	69 – 65
befriedigend	8	64 – 60
befriedigend minus	7	59 – 55
ausreichend plus	6	54 – 50
ausreichend	5	49 – 45
ausreichend minus	4	44 – 39
mangelhaft plus	3	38 – 33
mangelhaft	2	32 – 27
mangelhaft minus	1	26 – 20
ungenügend	0	19 – 0