



Name: \_\_\_\_\_

## Abiturprüfung 2009

### Physik, Grundkurs

---

#### Aufgabenstellung:

#### Aufgabe 1: Kräfte auf bewegte Ladungen in Leitern im Magnetfeld

Eine bewegte elektrische Ladung erfährt in Magnetfeldern bei geeigneten Bewegungsrichtungen eine Kraft, die sogenannte Lorentzkraft. Sie ist die Ursache für Kräfte auf stromdurchflossene Leiter. Dazu werden einige Aspekte untersucht.

- a) In Abbildung 1 hängt ein Aluminiumleiter senkrecht an zwei Kupferfäden. Der Aluminiumleiter befindet sich in einem Magnetfeld eines waagrecht liegenden Helmholtz-Spulenpaares. Das homogene Magnetfeld mit der Stärke  $B$  dieses Spulenpaares ist senkrecht orientiert. Durchfließt ein Strom den Aluminiumleiter und die Kupferfäden, so erfährt der Aluminiumleiter eine kleine seitliche Auslenkung. Erhöht man die Stromstärke im Aluminiumleiter, so vergrößert sich diese Auslenkung.

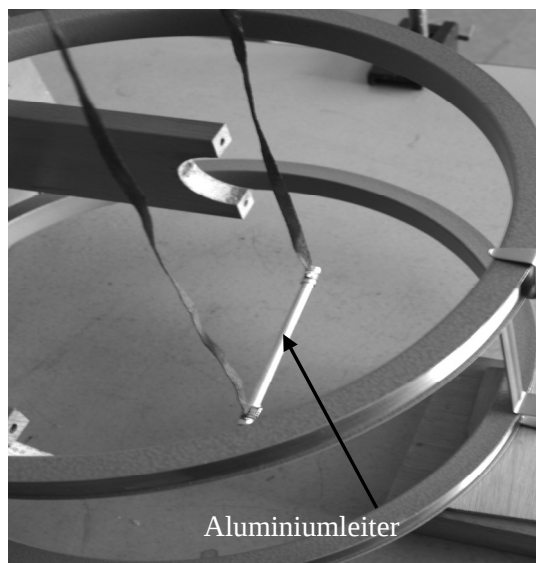


Abbildung 1: Versuchsaufbau

#### Information:

$d_1 = 85$  mm (Länge des Aluminiumleiters)

$d_2 = 255$  mm (Länge der Kupferfäden, jeweils)

$I_1$ : Stärke des Spulenstromes

$I_2$ : Stromstärke im Aluminiumleiter und in den Kupferfäden

$x$  = Auslenkung des Leiters

$m_{\text{Alu-Leiter}} = 21,5$  g (Masse des Aluminiumleiters)

Die Kupferfäden sind nahezu masselos



Name: \_\_\_\_\_

- Erläutern Sie den oben dargestellten Sachverhalt.

Zusätzlich zur Gewichtskraft  $G$  wirkt in diesem Experiment auf den Aluminiumleiter die Kraft  $F$ . Diese kann über den Winkel  $\alpha$  zwischen der Vertikalen und den Kupferfäden

gemäß der Beziehung  $F = G \cdot \frac{x}{d_2}$  bestimmt werden, wobei  $x$  die waagerechte seitliche

Auslenkung des Aluminiumleiters aus der Senkrechten ist.

- Stellen Sie die geschilderte experimentelle Situation der Auslenkung zeichnerisch dar.
- Zeigen Sie die Gültigkeit der genannten Beziehung.
- Begründen Sie, weshalb die Kräfte auf die beiden stromdurchflossenen Kupferfäden vernachlässigt werden können.

Um die Stärke des Magnetfelds  $B$  zu bestimmen, stellt man einen konstanten Spulenstrom  $I_1$  ein. Der Aluminiumleiter wird von Gleichströmen  $I_2$  der Stärke 1 A bis 10 A durchflossen.

Es ergeben sich folgende Daten:

$I_2$ (in A)	1	3	5	7	10
$x$ (in mm)	0,3	1,0	1,7	2,2	3,3

- Werten Sie die Daten in einem  $I_2$ - $F$ -Diagramm aus.
- Interpretieren Sie den gewonnenen Zusammenhang hinsichtlich der gegebenen Beziehung:  $F = B \cdot I_2 \cdot d_1$ .
- Berechnen Sie mit einem Datenpaar aus den vorliegenden Daten die Stärke des magnetischen Feldes  $B$ .

(28 Punkte)



Name: \_\_\_\_\_

b) In einem weiteren Versuch bringt man ein stromdurchflossenes Silberband (Breite  $b = 20 \text{ mm}$ ) gemäß Abbildung 2 in das Magnetfeld eines Hufeisenmagneten. Die magnetischen Feldlinien durchdringen das Silberband senkrecht. Eine Gleichspannungsquelle erzeugt Stromstärken  $I$  (bis ca.  $20 \text{ A}$ ) in dem Silberband. Nehmen Sie an, dass die Elektronen sich alle mit der einheitlichen Geschwindigkeit  $v$  im Silberband bewegen.

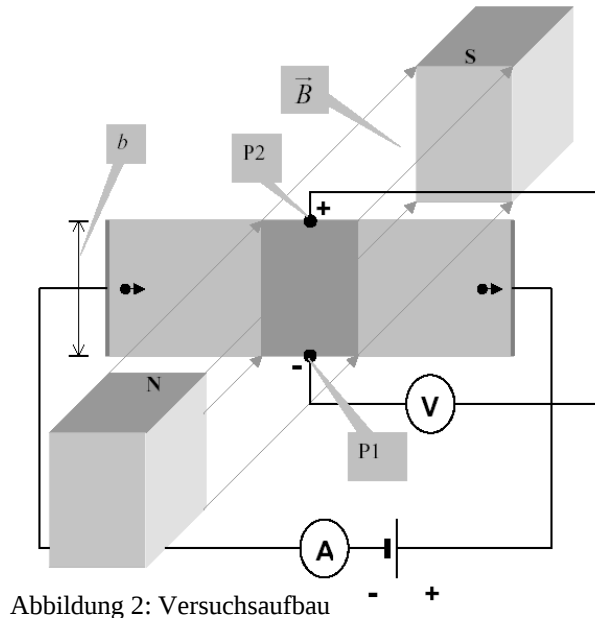


Abbildung 2: Versuchsaufbau

Bei jeder Stromstärke  $I$  in dem Silberband kann man dann an zwei genau senkrecht übereinander angebrachten Kontakten  $P_1$  und  $P_2$  (vgl. Abbildung 2) mit einem Voltmeter eine kleine Spannung  $U$  ( $\mu\text{V}$ -Bereich) beobachten.

- Deuten Sie die Ablenkung der Elektronen über die Kraftwirkung im Magnetfeld.
- Erläutern Sie die Entstehung der Spannung  $U$ .
- Skizzieren Sie die Kraftwirkung auf ein sich bewegendes Elektron im Silberband.

(9 Punkte)



Name: \_\_\_\_\_

c) Man variiert nun die Stromstärke  $I$  und misst die entstehende Spannung  $U$ . Es ergeben sich die nachfolgenden Werte:

$I$ in A	3	5	7	10	15	20
$U$ in $\mu\text{V}$	22	26	35	47	70	98

- Ermitteln Sie einen Zusammenhang zwischen  $I$  und  $U$ .
- Deuten Sie die Steigung im  $I$ - $U$ -Diagramm unter Berücksichtigung ihrer Maßeinheit. Der obere und der untere Rand des Silberbandes können als Kondensatorplatten im Abstand  $b$  aufgefasst werden.
- Leiten Sie her, dass dann für die entstehende Spannung  $U$  gilt:  $U = b \cdot v \cdot B$ , wobei  $B$  die Stärke des magnetischen Feldes des Hufeisenmagneten und  $v$  die Geschwindigkeit der Elektronen im Silberstreifen ist.

Typischerweise beträgt die Stärke des magnetischen Feldes  $B$  solcher Hufeisenmagnete ca.  $10^{-2}$  T.

Es sei  $U = 10 \mu\text{V}$ .

- Berechnen Sie mit Hilfe der angegebenen Beziehung die mittlere Geschwindigkeit  $v$  der Elektronen im Silberband. (13 Punkte)

Name: \_\_\_\_\_

## Aufgabe 2: Interferenzversuche mit Mikrowellen

Mikrowellen spielen in der Technik eine bedeutende Rolle. Sie sind elektromagnetische Wellen und zeigen bei Experimenten zu Reflexion, Beugung und Interferenz ein ähnliches Verhalten wie Röntgenstrahlung oder Licht. Ihre Wellenlänge ist wesentlich größer und liegt im Bereich von Zentimetern. Die Geschwindigkeit von Mikrowellen ist im Vakuum und in Luft identisch mit der Lichtgeschwindigkeit  $c$ .

Abbildung 1a zeigt einen experimentellen Aufbau zur Streuung von Mikrowellen an einem Kristallmodell.

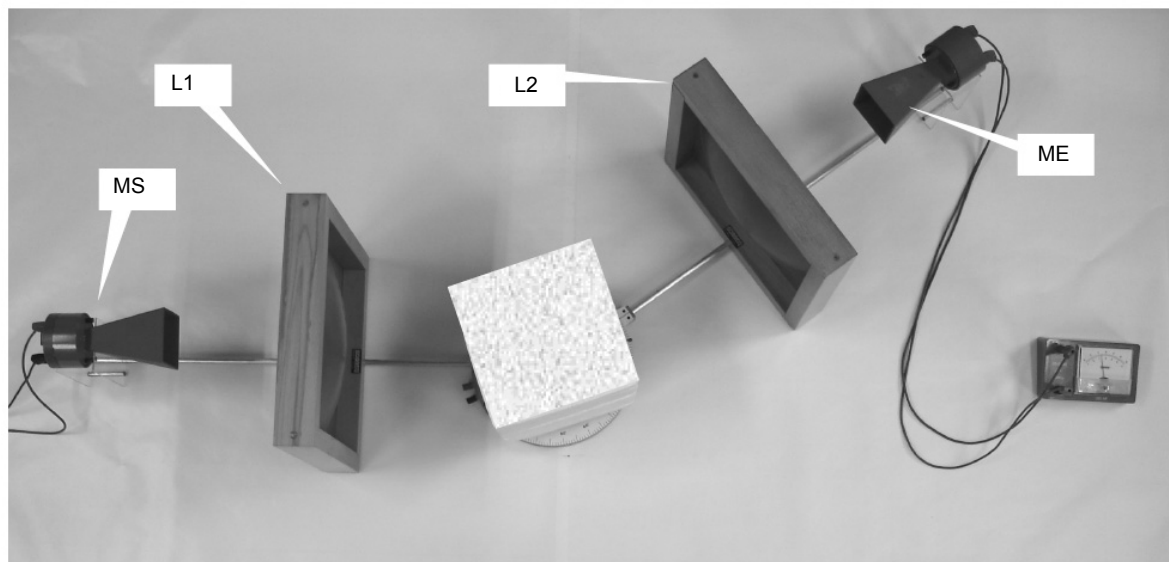


Abbildung 1a: Versuchsaufbau

Ein Mikrowellensender MS strahlt Mikrowellen einer Wellenlänge  $\lambda$  ab. Das Wellenbündel wird von einer Sammellinse L1 parallelisiert. Die Mikrowellen treffen anschließend auf einen Styroporblock, der aus mehreren übereinander liegenden Styroporplatten besteht, in die Aluminiumkugeln eingesetzt worden sind (siehe Abbildung 1b). Die Aluminiumkugeln bilden die gleiche Struktur wie ein Kristallgitter mit dem Netzebenenabstand  $d = 4$  cm. Hinter dem Styroporwürfel werden die gestreuten Mikrowellen mit Hilfe einer Sammellinse L2 gebündelt und von einem Mikrowellenempfänger ME registriert. Die Intensität der empfangenen Strahlung wird an einem Messgerät angezeigt. Der Styroporwürfel ist um seine  $z$ -Achse (senkrecht zur Tischplatte) um einen Winkel  $\alpha$  drehbar.



Name: \_\_\_\_\_

Der Mikrowellenempfänger ist gemeinsam mit der Linse L2 um den Winkel  $\beta$  schwenkbar, sodass das gestreute Signal unter verschiedenen Winkeln registriert werden kann. Der Winkel  $\beta$  wird stets doppelt so groß wie der Winkel  $\alpha$  eingestellt.

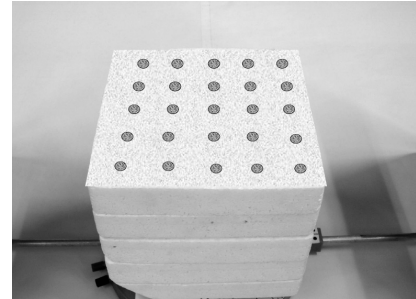


Abbildung 1b: Styroporplatten mit Aluminiumkugeln

Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Versuchs aus Richtung der z-Achse (von oben).

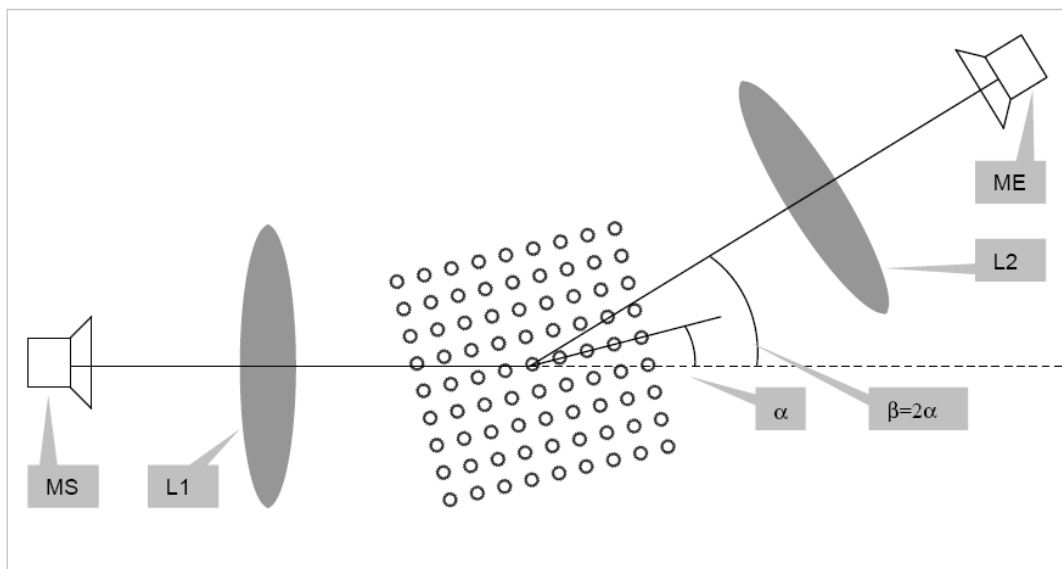


Abbildung 2: vereinfachte Darstellung des Versuchs



Name: \_\_\_\_\_

In einem ersten Versuch soll die Wellenlänge der verwendeten Mikrowellen bestimmt werden. Hierzu werden der Kristallwinkel  $\alpha$  und der Detektorwinkel  $\beta$  schrittweise vergrößert. Die Intensität der gestreuten Mikrowellen wird jeweils registriert. Sie wird im Folgenden in Skalenteilen (Skt) angegeben. Die Messwerte sind im nachfolgenden  $\alpha$ - $I$ -Diagramm aufgetragen:

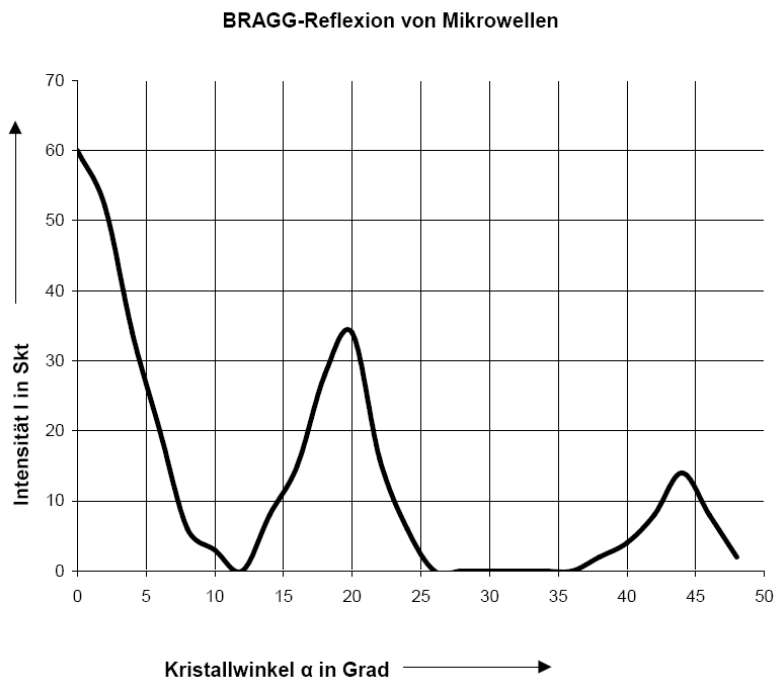


Abbildung 3:  $\alpha$ - $I$ -Diagramm des Versuchs



Name: \_\_\_\_\_

- a) • Leiten Sie mit Hilfe der nachfolgenden Skizze die Bragg-Gleichung  $2 \cdot d \cdot \sin \alpha = n \cdot \lambda$  begründet her.

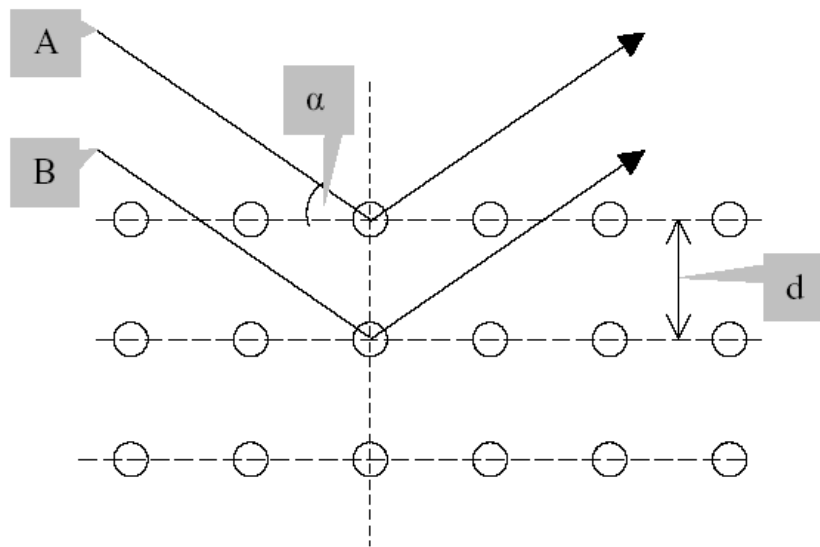


Abbildung 4: Skizze zur Bragg-Gleichung

- Zeichnen Sie dazu notwendige Konstruktionen in der Skizze ein.
  - Erläutern Sie Ihre Herleitung.
  - Erläutern Sie insbesondere die Bedeutung von  $n$ . (9 Punkte)
- b) • Analysieren Sie den Verlauf des  $\alpha$ - $I$ -Diagramms, indem Sie dabei getrennt auf die Winkelintervalle  $[0^\circ; 10^\circ]$ ,  $[15^\circ; 25^\circ]$  und  $[35^\circ; 45^\circ]$  eingehen. (6 Punkte)
- c) • Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms unter Verwendung beider Interferenzmaxima die Wellenlänge der Mikrowellenstrahlung.  
(Sollten Sie die Wellenlänge nicht bestimmen können, so gehen Sie bei den folgenden Aufgaben von einem Wert  $\lambda = 2,8 \text{ cm}$  aus.) (4 Punkte)



Name: \_\_\_\_\_

d) In einer zweiten Versuchsreihe soll die Ausbreitung von Mikrowellen untersucht werden. Hierzu werden der Mikrowellensender MS und der Mikrowellenempfänger ME gegenübergestellt. Es werden Plexiglasquader der Dicke  $d = 2,5$  cm in den Strahlengang gebracht (siehe Abbildung 5).

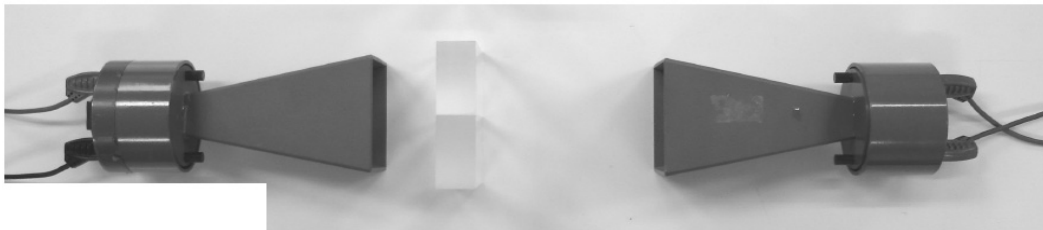


Abbildung 5: Versuchsaufbau zur zweiten Versuchsreihe

Es werden vier Versuche A – D durchgeführt, deren Aufbau in Abbildung 6 sehr vereinfacht dargestellt wird. Die Plexiglasquader sind dabei dunkelgrau eingezeichnet.

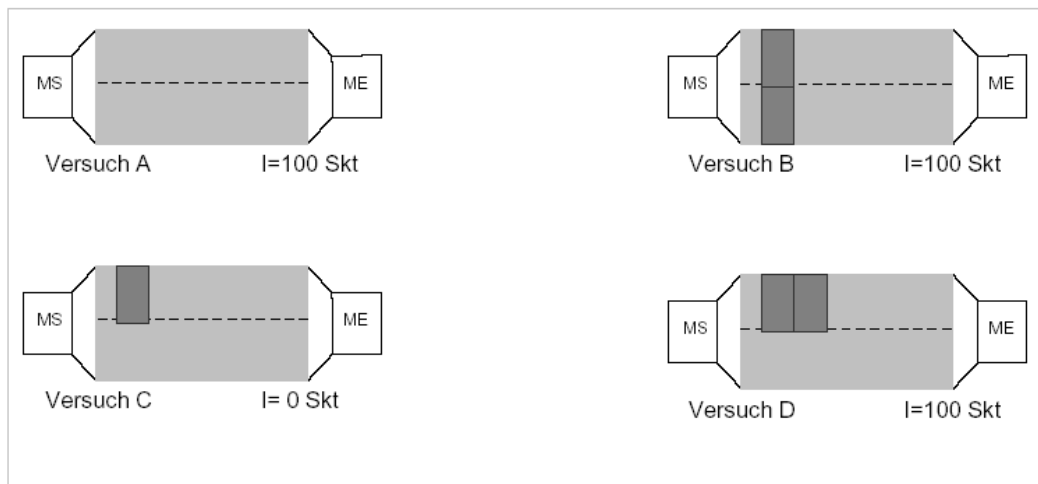


Abbildung 6: vereinfachte Darstellung der zweiten Versuchsreihe

Die Breite der Plexiglasquader ist so gewählt, dass das Mikrowellenbündel in zwei gleich große Teilbündel aufgeteilt wird, die parallel zueinander verlaufen und sich im Mikrowellenempfänger wieder überlagern. Die beiden Teilbündel sind hellgrau gezeichnet und zur besseren Anschauung durch eine gestrichelte Linie voneinander getrennt. Versuch B zeigt, dass die Intensität  $I$  der Strahlung gemessen in Skalenteilen (Skt) durch Plexiglas nicht beeinflusst wird. Im Plexiglas breitet sich die Strahlung jedoch mit geringerer Geschwindigkeit aus.

- Begründen Sie die Resultate der Versuche C und D. (12 Punkte)



Name: \_\_\_\_\_

e) Abbildung 7 zeigt eine „Momentaufnahme“ des Versuchs C, in der die beiden Wellenbündel schematisch in Form einer Sinusfunktion dargestellt sind. Die Dicke des Plexiglasquaders und die Wellenlänge sind nicht maßstäblich dargestellt.

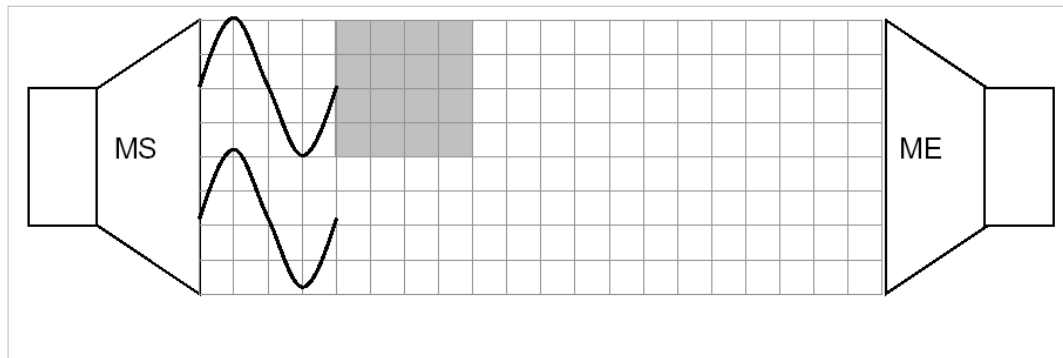


Abbildung 7: Momentaufnahme

- Zeichnen Sie in Abbildung 7 beide Teilbündel schematisch bis zum Empfänger.
- Erläutern Sie Ihre Zeichnung.
- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit der im Experiment verwendeten Mikrowellen in Plexiglas.

(Benutzen Sie hierzu die Angaben aus der Versuchsreihe 2:  $d = 2,5 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 2,8 \text{ cm}$ .)

(19 Punkte)

### Zugelassene Hilfsmittel:

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