

Name:..... Verr.-P.:                      Noten-P.:

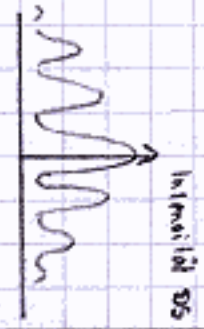
---

Hinweis: Die max. Punktzahl ist nur bei vollständiger Darstellung erreichbar. Beschreiben Sie in Worten den Sachverhalt! (Kausalität) Lösen Sie Gleichungen zuerst auf und berechnen dann die gesuchten Werte (Einheitenrechnung zur Kontrolle)!

1. Geeignetes Licht fällt senkrecht durch einen Doppelspalt. Der Abstand  $g$  der schmalen Spalte kann verändert werden. Das entstehende Beugungsbild wird auf einem  $a=0,50$  m entfernten Schirm beobachtet.
  - (3) a) Skizzieren Sie eine mögliche Anordnung zur Beobachtung des Beugungsbildes. Beschreiben Sie den Unterschied bei Verwendung eines Lasers und einer konventionellen Lichtquelle.
  - (5) b) Das verwendete Licht hat eine Wellenlänge von  $\lambda_0 = 400\text{nm}$ . Auf dem Schirm entstehen helle Streifen im Abstand  $x$ . Erklären Sie das Zustandekommen des Musters. Berechnen Sie für  $x = 3,0$  mm den Abstand  $g_0$  der Spalte. Welche Wellenlänge  $\lambda_2$  liegt vor, wenn  $x=3,0$  mm bei einem Spaltabstand von  $g_2=7,5 \cdot 10^{-5}$  m gefunden wird?
  - (4) c) Beschreiben Sie Ihre Beobachtung, wenn zur  $\lambda=450$  nm noch rotes Licht mit  $\lambda=700\text{nm}$  bei gleichem  $g_2$  dazukommt. (bis 5. HM)  
Können Sie die ersten 5 Hauptmaxima getrennt wahrnehmen? (ev. Abschätzung)  
Berechnen Sie  $\lambda_4$ , bei der ihr 2. Hauptmaximum mit dem 3. HM des blauen Lichtes (450nm) exakt zusammenfällt.
  - (3) d) Bei der Versuchsanordnung in a) wird zusätzlich zuerst ein dritter und dann ein vierter Spalt mit gleichem  $g_2$  hinzugefügt. Wie verändert sich das Beugungsbild? Erklären Sie die Veränderung? (Skizze)
  - (4) e) Die Spalten selbst haben eine Breite von  $d = 18,5 \mu\text{m}$ . Welche Bedeutung hat dies für das Beugungsbild? Begründung mit Rechnung. ( $\lambda=450$  nm).
2. Ein Hertzscher Dipol stellt einen einfachen Schwingkreis dar.
  - (3) a) Wie konnten wir feststellen, dass er Energie abstrahlt? Welcher Natur ist die abgestrahlte Energie? Wie konnten wir dies nachweisen?
  - Z(1) b) Geben Sie die Dimension eines abgestimmten Dipols an, der mit 375 MHz schwingt?
3. Maxwell konnte seine Gleichungen zum Elektromagnetismus theoretisch ableiten und wurde später bestätigt.
  - (2) a) Geben Sie den Inhalt qualitativ wieder!
  - Z(1) b) Was konnte Maxwell damit theoretisch bestimmen? (Gleichung, keine Herleitung)

Voraussichtliche Punkteverteilung – Änderungen vorbehalten!

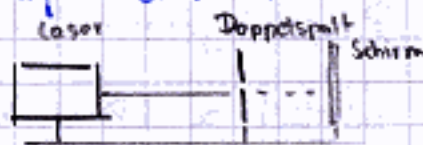
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$



$a = 0,5m$

1.  
a)

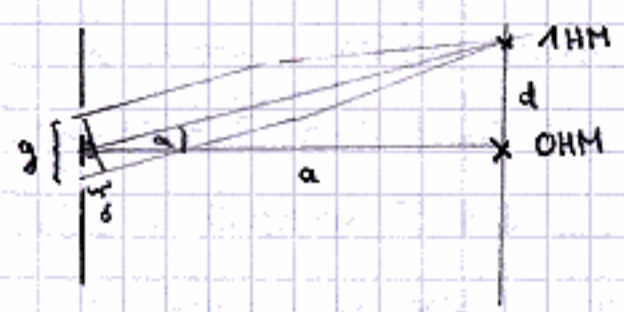
Bei einer herkömmlichen Lichtquelle sind die Lichtwellen inkohärent, d.h. sie haben unterschiedliche Wellenlänge, Amplitude und Frequenz. Damit die Lichtwellen nahezu parallel und scharf auf dem Doppelspalt abgebildet werden, werden sie durch einen Kondensor gebündelt und durch einen Beleuchtungsspalt begrenzt. Fällt die Wellenfront nun auf den Doppelspalt so entstehen konzentrische Elementarwellen, welche sich konstruktiv oder destruktiv überlagern (das Licht wird am Spalt gebeugt). Man beobachtet ein Hauptmaximum von weißem Licht und als 1. HM ein kontinuierliches Spektrum mit Farbverlauf von violett bis rot. Die violette Farbe liegt dabei näher am OTHM, da sie durch ihre kleine Wellenlänge nicht so stark gebrochen wird. Da herkömmliches Licht Wellenlängen von 420-780 nm besitzt werden die unterschiedlichen Wellenlängen unterschiedlich stark gebeugt. Das Beugungsbild erscheint bei der herkömmlichen Lichtquelle unschärfer und nicht so intensiv wie beim Laser.



Bei einem Laser ist keine so aufwändige Apparatur notwendig, da er linear polarisiertes Licht gleicher Wellenlänge und Amplitude aussendet. Trifft die Wellenfront auf den Doppelspalt entstehen auch hier Elementarwellen die sich konstruktiv oder destruktiv überlagern. Es entsteht im Vergleich zur herkömml. Lichtquelle allerdings ein schärferes Beugungsbild welches intensiver erscheint. Es ist somit bei Verwendung einer herkömml. Lichtquelle darauf zu achten, dass durch die Inkohärenz und die

unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts eine starke Lichtquelle verwendet wird. Um eine höhere Intensität zu erreichen kann das Licht durch einen Kondensator gebündelt werden. Außerdem sollte die Spaltbreite klein sein, damit ein breites Beugungsbild entsteht. Auch ein Farbfilter könnte nützlich sein (beobachtung einzelner Spektren). ] 3P.

b)  $\lambda = 400 \text{ nm}$



Es gilt  $g \ll a$   
 → Strahlen sind nahezu parallel

Eine Wellenfront wird laut Huygens als Einhüllende von Elementarwellen betrachtet und ist (jeder Punkt der Wellenfront) Ausgangspunkt für Elementarwellen. Trifft eine Wellenfront nun auf den Doppelspalt, so wird das Licht gebrochen, d.h. es entstehen konzentrische Elementarwellen welche sich konstruktiv oder destruktiv überlagern. Konstruktiv überlagern sich die Wellen dann, wenn die Phasendifferenz benachbarter Spalte  $\delta = k \cdot \lambda$  (mit  $k = 0; 1; 2 \dots$ ) beträgt. D.h. die Wellen sind gleichphasig sie überlagern sich konstruktiv. Trifft ein Wellenbauch auf ein Wellental (gegenphasige Wellen) so löschen diese sich aus. Die Phasendifferenz benachbarter Spalte beträgt dabei  $\delta = (k - 0,5) \cdot \lambda$ . Der Winkel  $\alpha$  (Beugungswinkel) bestimmt die Breite der Beugungsfigur, die Beziehungen lauten also:

Max:  $\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g}$   
 Min:  $\sin \alpha = \frac{(k - 0,5) \cdot \lambda}{g}$

] 2P.

$$\lambda = 400 \cdot 10^{-9} \text{ m} \quad d = 0,003 \text{ m} \quad a = 0,5 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = \frac{d}{a} = \frac{0,003 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} = 0,006 \text{ m} \quad \alpha = 0,3438^\circ$$

da  $\alpha \ll$  (sehr klein) gilt  $\sin \alpha \approx \tan \alpha$   $\checkmark$

$$\frac{d}{a} = \frac{\lambda \cdot k}{g} \quad g_0 = \lambda \cdot \frac{k \cdot a}{d} = \frac{400 \cdot 10^{-9} \cdot 0,5}{0,003} = \frac{6,67 \cdot 10^{-5} \text{ [m]}}{\checkmark}$$

$$g_2 = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad \alpha = 0,3438^\circ$$

$$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g} \quad \lambda = \frac{g \cdot \sin \alpha}{k} = \frac{7,5 \cdot 10^{-5} \cdot \sin(0,3438)}{1} = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ [m]}$$

$$\lambda = 450 \text{ nm} \quad \checkmark$$

c)  $\lambda = 450 \text{ nm}$

$$d_1 = 0,003 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,006 \text{ m}$$

$$d_3 = 0,009 \text{ m}$$

$$d_4 = 0,012 \text{ m}$$

$$d_5 = 0,015 \text{ m}$$

$\lambda = 700 \text{ nm}$

$$d_1' = 0,005 \text{ m}$$

$$d_2' = 0,009 \text{ m}$$

$$d_3' = 0,014 \text{ m}$$

$$d_4' = 0,019 \text{ m}$$

$$d_5' = 0,023 \text{ m}$$

$$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{g} \quad d = \tan(\sin^{-1}(\frac{k \cdot \lambda}{g})) \cdot c \quad \text{für } k (1; 2; 3; 4; 5)$$

$$d_0 = 0$$

Durch die unterschiedlichen Wellenlängen wird das Licht unterschiedlich stark gebrochen. Die ersten 5 HM können somit auch nicht getrennt wahrgenommen werden, da sich  $d_2'$  und  $d_3$  überlagern und sich somit eine rot-violette Mischfarbe bildet. (Es ist keine 100% tige Überlagerung  $\rightarrow$  Rundungen.)

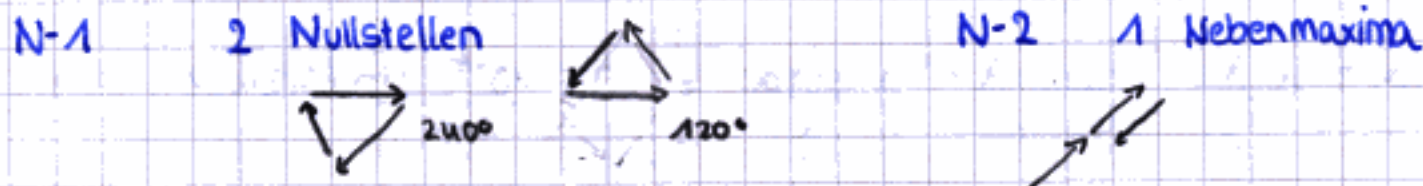
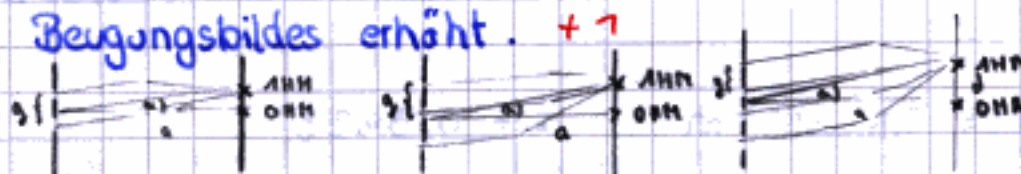
$\rightarrow$  Berechnung siehe Schluss!

2A.

d) Das Beugungsbild verändert sich folgendermaßen:

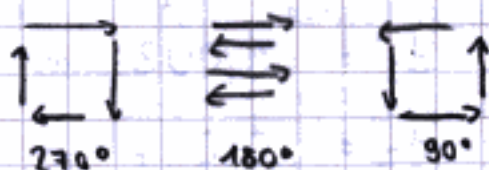
Die Maxima bleiben an Ort und Stelle da die Gitterkonstante dieselbe bleibt. Allerdings bilden sich mehr Minima durch  $N-1$  und mehr Nebenmaxima  $N-2$ . Durch das Einführen mehrerer Spalte (gr. Spaltanzahl) wird außerdem die Intensität und die Schärfe des Beugungsbildes erhöht.

Dreifachspalt

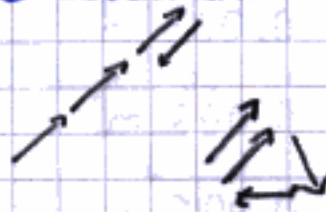


Verfachspalt

3 Nullstellen



2 Nebenmaxima



3P.

e) Liefert der Einzelspalt in eine Richtung kein Licht, so kann auch der Doppelspalt in diese Richtung kein Licht liefern

Min ES:  $\sin \alpha = \frac{\lambda \cdot u}{l}$        $d = \tan(\sin^{-1}(\frac{450 \text{ nm} \cdot u}{18,5 \cdot 10^{-6}})) \cdot 0,5$

$\lambda = 450 \text{ nm}$

$d_1 = 0,012 \text{ m}$

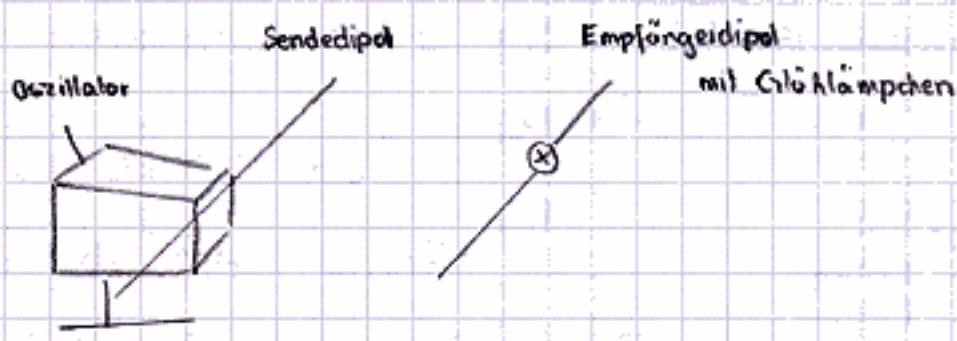
$d_2 = 0,024 \text{ m}$

→ damit liefert der Einzelspalt für das Max 4. Ordnung beim Doppelspalt kein Licht.

Dadurch bleibt die Stelle dunkel, es tritt kein Max auf.

4P.

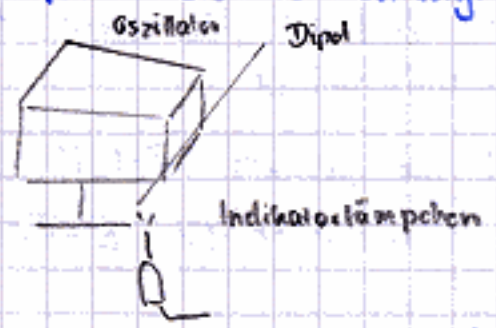
2) a)



Wir haben einen Sendedipol in geringer Entfernung zum Oszillator angebracht, dadurch wurde dieser zur Schwingung angeregt und sendete elektromagn. Wellen aus. Der Empfängerdipol wurde in einer Entfernung parallel zum Sendedipol gehalten. Ebenso wie der Sendedipol wurde nun auch der Empfängerdipol durch die abgestrahlten elektromagnetischen Wellen zur Schwingung angeregt. Die el. Energie die dabei entstand, wird allerdings gleich vom Glühlämpchen verbraucht (es leuchtet auf). Durch das Aufleuchten des Glühlämpchens ohne Anschluss an eine Spannungsquelle, wird klar, dass der Dipol die Energie abstrahlen muss.

Die abgestrahlte Energie sind elektromagnetische Wellen (Querwellen) welche aus einem El. Feld und einem senkrecht darauf stehenden magn. Feld bestehen, die sich gegenseitig bedingen. Im Nahfeld sind die Felder um  $\frac{\Delta}{2}$  phasenverschoben im Fernfeld ist die Phasendifferenz null. Sie breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.

Nachweis der elmag. Wellen:



Das el. Feld welches an den Enden des Dipols entsteht (es bildet sich auf dem Dipol eine stehende Welle - die Enden laden sich wie ein Kondensator periodisch positiv/negativ auf). Dieses hochfrequente Wechselfeld kann durch ein Indikatorlämpchen (Lämpchen über Widerstand ans Netz angeschlossen) nachgewiesen

werden  $\rightarrow$  es leuchtet an den Enden hell auf.



Der Nachweis des magnetischen Feldes erfolgt über die Lecherleitung.

Diese wird durch den H-f Oszillator zur Schwingung angeregt und es bildet sich eine stehende Welle aus (Knoten am kurzgeschlossenen Ende Bauch am Offenen Ende) Führt man einen Tastkopf (Lecherleitung der Länge  $\frac{\lambda}{4}$  mit Lämpchen parallel geschaltet) so leuchtet dieses an den Bäuchen des magn. Feldes auf, da durch Induktion ein Strom im Schwingkreis induziert wird. Führt man den Tastkopf stehend über die Leitung so können auch die Bäuche des el. Feldes (aufleuchten des Lämpchens durch hochfrequentes el. Feld) nachweisen.

31.

b)  $f = 375 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$c = \lambda \cdot f$$

$$\lambda = \lambda \cdot k$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{375 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 0,8 \text{ (m)}$$

$$\lambda = 0,8 \text{ m} \cdot \frac{5}{4} = \underline{1 \text{ (m)}}$$

32

3) Maxwell:

- eine el. Ladung (in Ruhe) bedingt ein stat. el. Feld
- eine bewegte el. Ladung bedingt ein magn. Feld
- Ein zeitl. verändertes magn. Feld bedingt ein el. Drehfeld welches die Feldlinien des magn. Feldes umschließt
- Ein zeitl. verändertes el. Feld bedingt ein magn. Drehfeld welches die Feldlinien des el. Feldes umschließt.
- Wird ein el. Feld senkrecht zu seinen Feldlinien bewegt so entsteht ein magn. Feld (senkrecht zu E-Feld und Bewegungsrichtung)  
$$E = B \cdot c$$
- Wird ein magn. Feld senkrecht zu seinen Feldlinien bewegt, so entsteht ein el. Feld (senkrecht zu B-Feld u. Bewegungsrichtung)  
$$B = E \cdot c \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \mu_0 \cdot \mu_r$$

eine beschleunigte el. Ladung erzeugt ein elektromagn. Wechselfeld  
welches sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet

el. Ladungen sind Ausgangspunkte für el. Feldlinien

magn. Feldlinien sind immer in sich geschlossen.

| ? n.

=> + + + + !

b) Er konnte die Lichtgeschwindigkeit bestimmen

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}}$$

da  $\epsilon_r \mu_r$  im Vakuum = 1

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}}$$

✓ + 1

$$c) \quad \sin \alpha = \frac{h \cdot \lambda}{g} = \frac{3 \cdot 450 \text{ nm}}{7,5 \cdot 10^{-5}} = 0,018 \text{ (m)} \quad \alpha = 1,03^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{d}{a}$$

$$d = \tan \alpha \cdot a = \tan(1,03) \cdot 0,5 \\ = 0,0090014584$$

$$\tan \alpha = \frac{0,0090014584}{0,5} = 0,018 \quad \alpha = 1,03$$

$$\sin \alpha = \frac{h \cdot \lambda}{g}$$

$$\lambda = \frac{\sin \alpha \cdot g}{2} = \frac{6,75 \cdot 10^{-7} \text{ (m)}}{2} \\ = \underline{675 \text{ nm}} \quad \checkmark \rightarrow$$