

Interferenz an dünnen Schichten

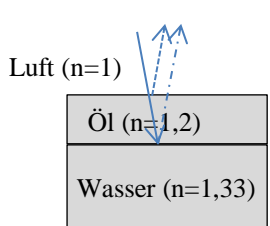
- Welche minimale Schichtdicke muss ein Glasplättchen mit $n=1,6$ haben, damit bei (fast) senkrechtem Lichteinfall von monochromatischem Licht der Wellenlänge 550nm durch Reflexion und Interferenz eine Auslöschung entsteht?
 - Geben Sie weitere Schichtdicken an, bei denen es durch Interferenz der gleichen Wellenlänge zur Auslöschung kommt.
 - Begründen Sie, weshalb bei zu großen Schichtdicken und normalem weißen Licht keine Interferenz zu beobachten ist.
- Eine Glimmerschicht habe die Dicke $d=0,6\mu\text{m}$ und wird senkrecht mit weißem Licht bestrahlt.

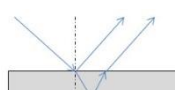
 - Berechnen Sie, welche Wellenlängen des sichtbaren Bereiches des Lichtes durch Reflexion und Interferenz verstärkt werden.
 - Zu welcher sichtbaren Erscheinung führen die Ergebnisse der Berechnungen von a)?
 - Welche Wellenlängen werden an der Glimmerschicht ausgelöscht?
- Eine dünne Ölschicht auf einer Wasseroberfläche führt ebenfalls zu Interferenzerscheinungen.

 - Erklären Sie die Entstehung der Farben, welcher Unterschied besteht zu einer dünnen Glasschicht?
 - Welche Farbe(n) werden bei einer Ölschicht mit $n=1,2$ und einer Dicke von $d=1\mu\text{m}$ ausgelöscht.
 - Welche Farbe(n) erfahren eine Verstärkung?
- Fällt das Licht schräg auf eine dünne Schicht, so treten ebenfalls Interferenzerscheinungen auf, die nicht mit den Gleichungen für senkrechten Lichteinfall berechnet werden können.

 - Begründen Sie die o.g. Aussage und veranschaulichen Sie den Lichtverlauf bei schrägem Lichteinfall. Für schrägen Lichteinfall mit dem Einfallswinkel α gilt für Auslöschung: $\delta = 2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2(\alpha)} - \frac{\lambda}{2}$
 - Berechnen Sie die Dicke d der Schicht, bei der für Licht der Wellenlänge $\lambda=589\text{nm}$ für $\alpha=30^\circ$ und $n=1,55$ das Minimum 1.Ordnung entsteht.
 - Welche Wellenlänge wird an dieser Schicht bei $\alpha=60^\circ$ ausgelöscht?

Lösungen:

- $k = 1 \quad d_1 = \frac{2}{1,6} \cdot \frac{550 \cdot 10^{-9} \text{m}}{4} = 1,72 \cdot 10^{-7} \text{m} = 172 \text{nm} \quad (d < \lambda) !$
 - $k = 2: d_2 = 2 \cdot d_1 = 344 \text{nm} \quad k = 3: d_3 = 516 \text{nm} \quad k = 4: d_4 = 688 \text{nm} \quad k = 5: d_5 = 859 \text{nm}$
 - Bei zu großer Schichtdicke ist die Kohärenzbedingung nicht erfüllt.
Die Wellenzüge haben nur eine endliche Länge.
Ist der Gangunterschied größer als die Länge eines Wellenzuges (nicht die Wellenlänge!), so treffen beide Wellen nicht mehr aufeinander und erzeugen keine Interferenz
- $n_{\text{Glimmer}} = 1,58 \quad d = 0,6\mu\text{m} \quad \lambda = \frac{4 \cdot d \cdot n}{(2k+1)} \quad \dots \text{ für welche } k \text{ liegt } \lambda \text{ im sichtbaren Bereich}$
 $k = 0: \lambda = 2 \cdot d \cdot n = 3792 \text{nm} \quad (\text{nicht sichtbar})$
 $k = 1: \lambda = 1264 \text{nm} \quad (\text{nicht sichtbar})$
 $k = 2: \lambda = 758 \text{nm} \text{ (rot)}, \quad k = 3: \lambda = 542 \text{nm} \text{ (grün)} \quad k = 4: \lambda = 421 \text{nm} \text{ (violett)}$
 - Die Maxima der verstärkten Farben mischen sich. Es entstehen **Mischfarben**.
 - Auslöschung: $\lambda = \frac{2 \cdot d \cdot n}{k} \quad \lambda_3 = 632 \text{nm} \text{ (rot)} \quad \lambda_4 = 474 \text{nm} \text{ (blau)} \quad (\lambda_5 = 379 \text{nm/UV})$
- 

Für die Interferenz ist nur die dünne Ölschicht von Bedeutung (die Wasserschicht ist zu dick)
Das einfallende Licht wird an der Oberfläche der Ölschicht und ein anderer Teil an der Oberfläche der Wasserschicht reflektiert.
Beide Reflexionen erfolgen an einem Medium mit höherer Brechzahl und erfahren einen Phasensprung um $\lambda/2$, insgesamt sind die Wellen in Phase.
Die Gleichungen für Auslöschung und Verstärkung gelten umgekehrt.
 - Verstärkung: $\lambda = \frac{2 \cdot d \cdot n}{k} \quad \lambda_4 = 600 \text{nm} \quad \lambda_5 = 480 \text{nm} \quad \lambda_6 = 400 \text{nm}$
 - Auslöschung: $\lambda = \frac{4 \cdot d \cdot n}{2k+1} \quad \lambda_3 = 686 \text{nm} \quad \lambda_4 = 533 \text{nm} \quad \lambda_5 = 436 \text{nm} \quad (\text{Index entspricht } k)$
- 

Für den Lichtweg in der dünnen Schicht muss zusätzlich die Brechung für den Gangunterschied berücksichtigt werden.
 - $(2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} = 2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \frac{\lambda}{2} \quad k=1: \quad d = \frac{\lambda}{2 \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \approx 200 \text{nm}$
 - $\lambda = 2 \cdot d \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \quad \lambda_1 = 514 \text{nm}$