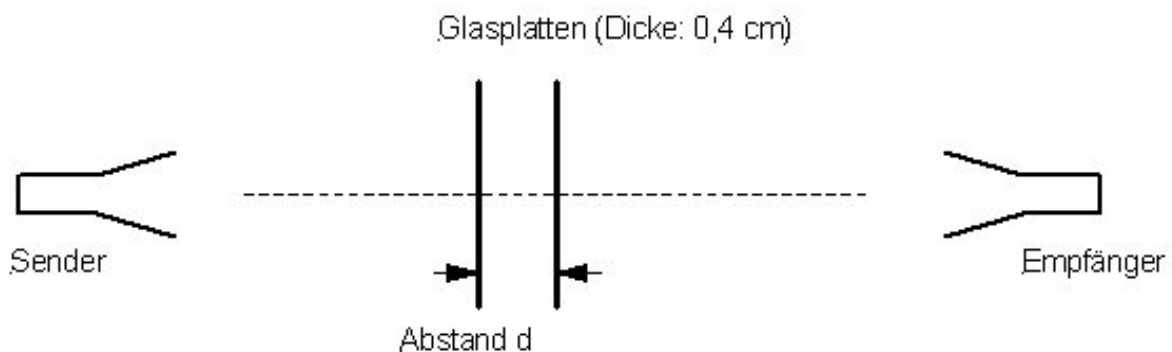


Interferenzen durch Reflexion mit Mikrowellen

Unter Verwendung eines Mikrowellensenders, wie er an vielen Schulen vorhanden ist, lassen sich vielfältige Experimente zur Interferenz von Wellen durch Reflexion durchführen. Da die Wellenlänge in der Größenordnung von Zentimetern liegt, lassen sich die Experimente relativ leicht aufbauen und sind aufgrund ihrer Abmessungen als Demonstrationsexperimente einsetzbar. Der Sender, der in folgenden Experimenten Anwendung findet, erzeugt Mikrowellen mit der Wellenlänge $\lambda = 3,18 \text{ cm}$.

Experiment 1



Wird der Abstand d der beiden Glasplatten sukzessive vergrößert, dann lässt sich beobachten, dass am Ort des Empfängers periodisch Minima und Maxima auftreten.

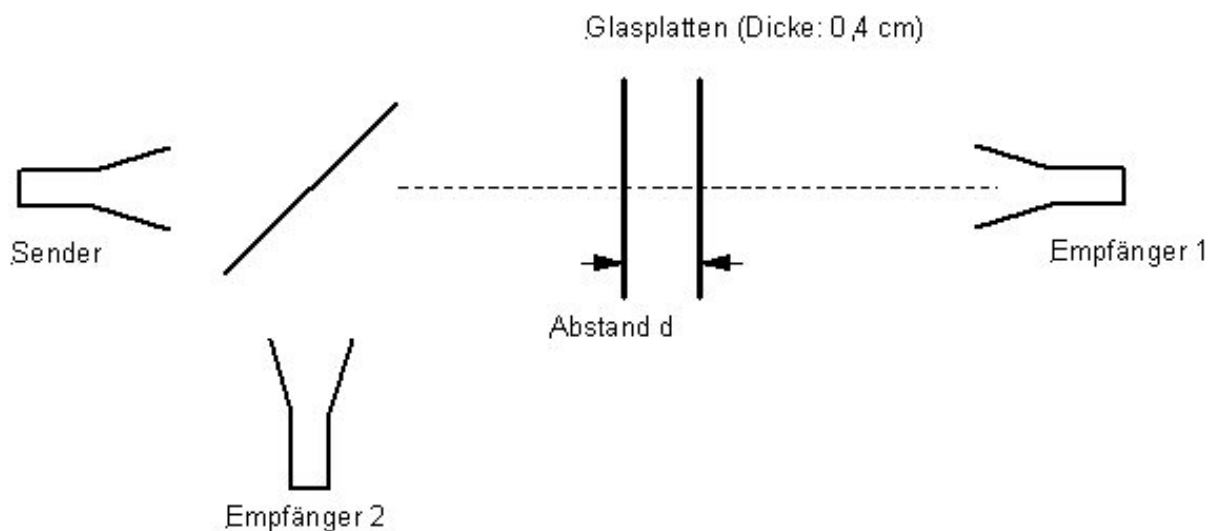
d in cm	3,2	4,0	4,8	5,5	6,4	7,2
U in mV	155	45	155	40	155	38

Diese Maxima und Minima entstehen durch Interferenz der an den Glasplatten transmittierten und reflektierten Wellen.

Interferenzen durch Reflexion mit Mikrowellen

Experiment 1 lässt sich erweitern, sodass Interferenzen sowohl in Transmission als auch in Reflexion untersucht werden können.

Experiment 2

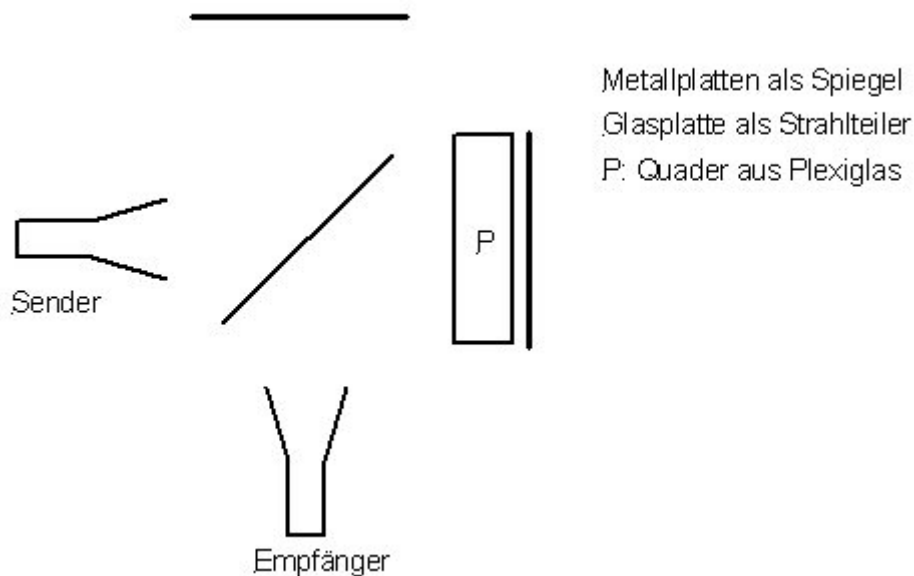


Wird wiederum der Abstand d der Glasplatten verändert, dann lässt sich am Ort von Empfänger 2 immer dann ein Maximum beobachten, wenn am Ort von Empfänger 1 ein Minimum zu beobachten ist und umgekehrt. Aufgrund des Strahlteilers (Glasplatte) sind die registrierten Intensitäten verringert.

Interferenzen durch Reflexion mit Mikrowellen

Die unten dargestellte Anordnung eines Michelson-Interferometers lässt sich zur Bestimmung der Wellenlänge λ und zur Brechzahlbestimmung verwenden.

Experiment 3: Michelson-Interferometer



Bestimmung der Wellenlänge λ :

Durch Verschieben eines der beiden Spiegel um eine Strecke Δl wird der Gangunterschied der am Empfänger eintreffenden Wellen verändert. Somit lassen sich periodisch Maxima und Minima beobachten.

Δl in cm	0	0,8	1,6	2,4	3,2	3,9
U in mV	210	25	210	30	215	32

Da eine Verschiebung um Δl den Gangunterschied Δs um $2 \cdot \Delta l$ verändert, lässt sich aus dieser Messreihe die Wellenlänge λ berechnen. Man erhält:.

Bestimmung der Brechzahl n von Plexiglas:

Der Plexiglasquader der Breite b wird unmittelbar vor einem der Spiegel platziert und gemeinsam mit dem Spiegel so verschoben, dass der Empfänger ein Maximum (Minimum) registriert. Anschließend wird der Plexiglasquader entfernt. Da die optische Weglänge innerhalb des Quaders größer ist, wird nun der Spiegel um die Strecke Δl nach außen verschoben, bis wiederum ein Maximum (Minimum) auftritt. Aus der Größe von Δl lässt sich die Brechzahl von Plexiglas wie folgt berechnen:

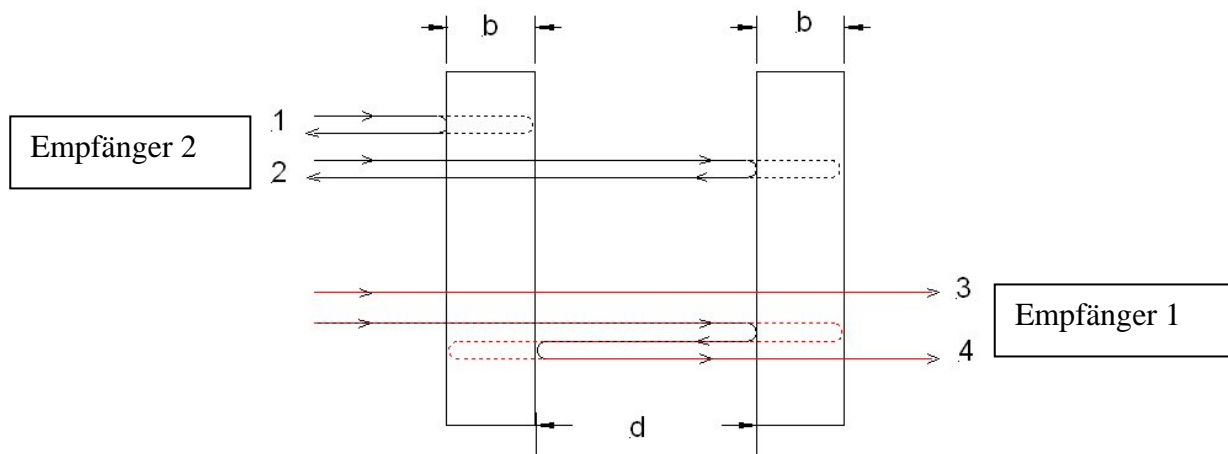
Aus der Gleichheit der optischen Wege $2 \cdot (b + \Delta l) = 2 \cdot n \cdot b$ ergibt sich für die Brechzahl n die Gleichung: $n = 1 + \frac{\Delta l}{b}$.

Im Experiment ergab sich aus $b = 10,0$ cm und $\Delta l = 3,8$ cm ein Wert von $n = 1,38$.

Interferenzen durch Reflexion mit Mikrowellen

Deutung der Experimente:

Aus der folgenden Abbildung lassen sich Aussagen über die Gangunterschiede Δs der Wellen, die beide Empfänger erreichen treffen.



a) Reflexion an den Vorderseiten:

Empfänger 2:

$$\Delta s_{12} = 2 \cdot d + 2 \cdot n \cdot b$$

Empfänger 1:

$$\Delta s_{34} = 2d$$

b) Reflexion an den Rückseiten:

Empfänger 2:

$$\Delta s_{12} = 2 \cdot d + 2 \cdot n \cdot b$$

Empfänger 1:

$$\Delta s_{34} = 2d + 4 \cdot n \cdot b$$

Man sieht, dass sowohl die Breite b der Glasplatten als auch der Brechungsindex n Einfluss nehmen. Für den Brechungsindex n ergibt sich aus einer Messung des Brewsterwinkels $n \approx 2$. Außerdem gilt: $b \approx \frac{\lambda}{8}$.

Folgerung: Δs_{12} und Δs_{34} unterscheiden sich jeweils um $2 \cdot n \cdot b \approx \frac{\lambda}{2}$. D.h.: Beobachtet man bei Empfänger 1 ein Maximum, liegt bei Empfänger 2 ein Minimum vor und umgekehrt. Außerdem erkennt man, dass die Reflexionen an Vorder- und Rückseite zu gleichen Ergebnissen führen, sodass auch Mehrfachreflexionen, die hier sicherlich auftreten, nicht weiter untersucht werden müssen.

Unter Verwendung der Reflexions- und Transmissionskoeffizienten der Fresnel-Gleichungen ergibt sich, dass eine Glasplatte des obigen Experimentes etwa 40% der einfallenden Intensität reflektiert.

Eine Auswertung des Experimentes lässt sich dadurch vereinfachen, dass man lediglich Änderungen des Abstandes d beider Glasplatten betrachtet, die man einstellt, um von einem Maximum (Minimum) zu weiteren Maxima (Minima) zu gelangen.

Daraus lässt sich die Wellenlänge λ aus $\lambda = 2 \cdot \bar{d}$ berechnen. Dabei ist \bar{d} ein Mittelwert des Abstandes d .

Eine Auswertung obiger Messreihe liefert: $\lambda \approx 3,2 \text{ cm}$.