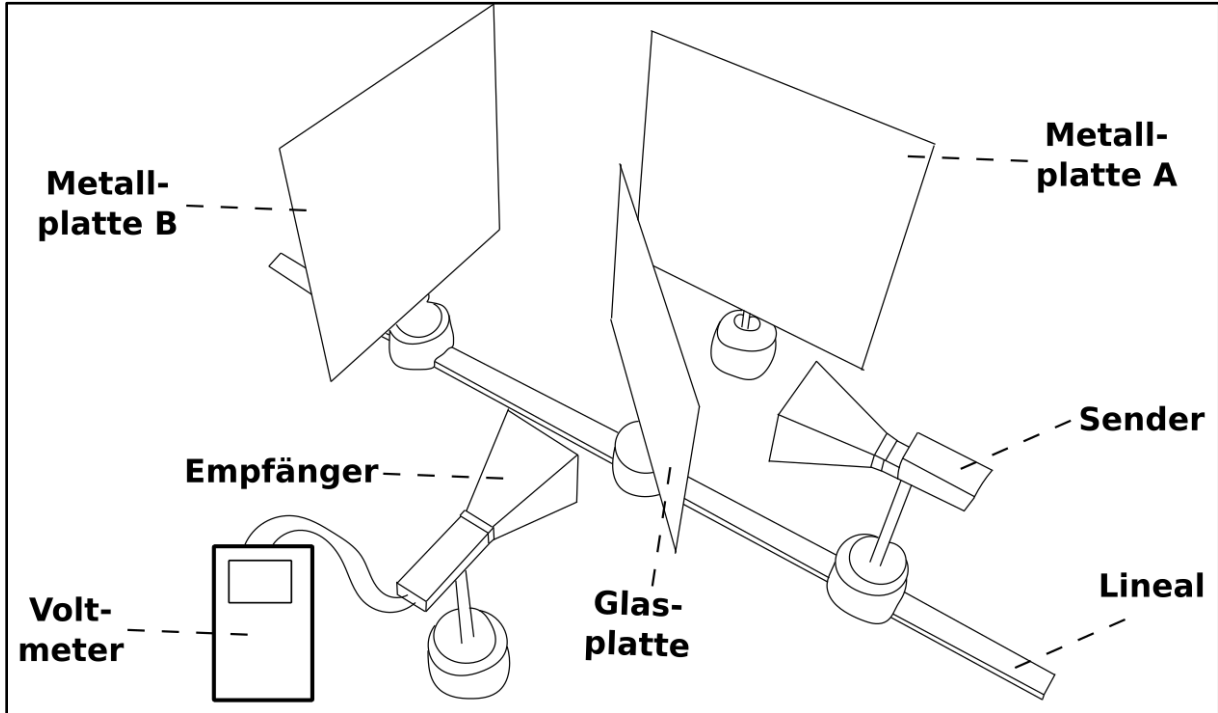


Aufgabenzettel – Michelson-Morley-Interferometer

Mikrowellen werden mit einem Michelson-Interferometer untersucht. Das Interferometer besteht aus einem Mikrowellensender, einem Mikrowellenempfänger, zwei Metallplatten und einer Glasplatte (siehe Abbildung). Beim Verschieben der Metallplatte B, während Metallplatte A fixiert bleibt, treten Maxima und Minima in der Spannung am Empfänger auf.



a) Beschreiben Sie die Funktionsweise des Michelson-Interferometers, wie in der Abbildung dargestellt, und erstellen Sie dazu eine Draufsicht-Skizze.



b) Erläutern Sie, warum die Spannung am Empfänger periodische Maxima und Minima zeigt.

c) Erklären Sie, warum eine Verschiebung der Metallplatte B um

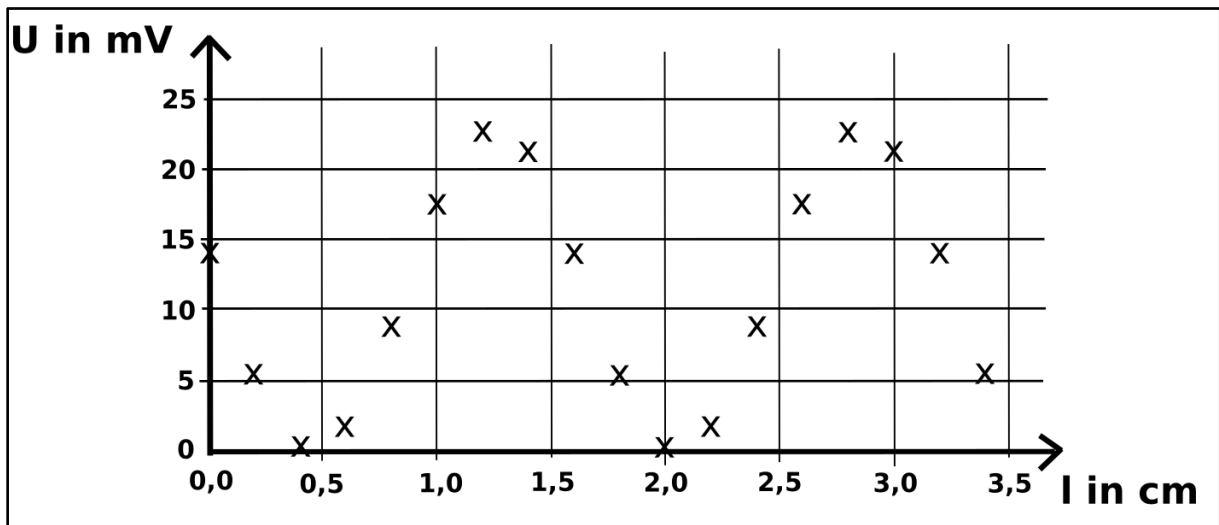
$$\Delta l = \frac{\lambda}{4}$$

(ausgehend von einem Maximum) ein Minimum der Empfänger-Spannung bewirkt und eine Verschiebung um

$$\Delta l = \frac{\lambda}{2}$$

ein neues Maximum der Empfänger-Spannung verursacht.

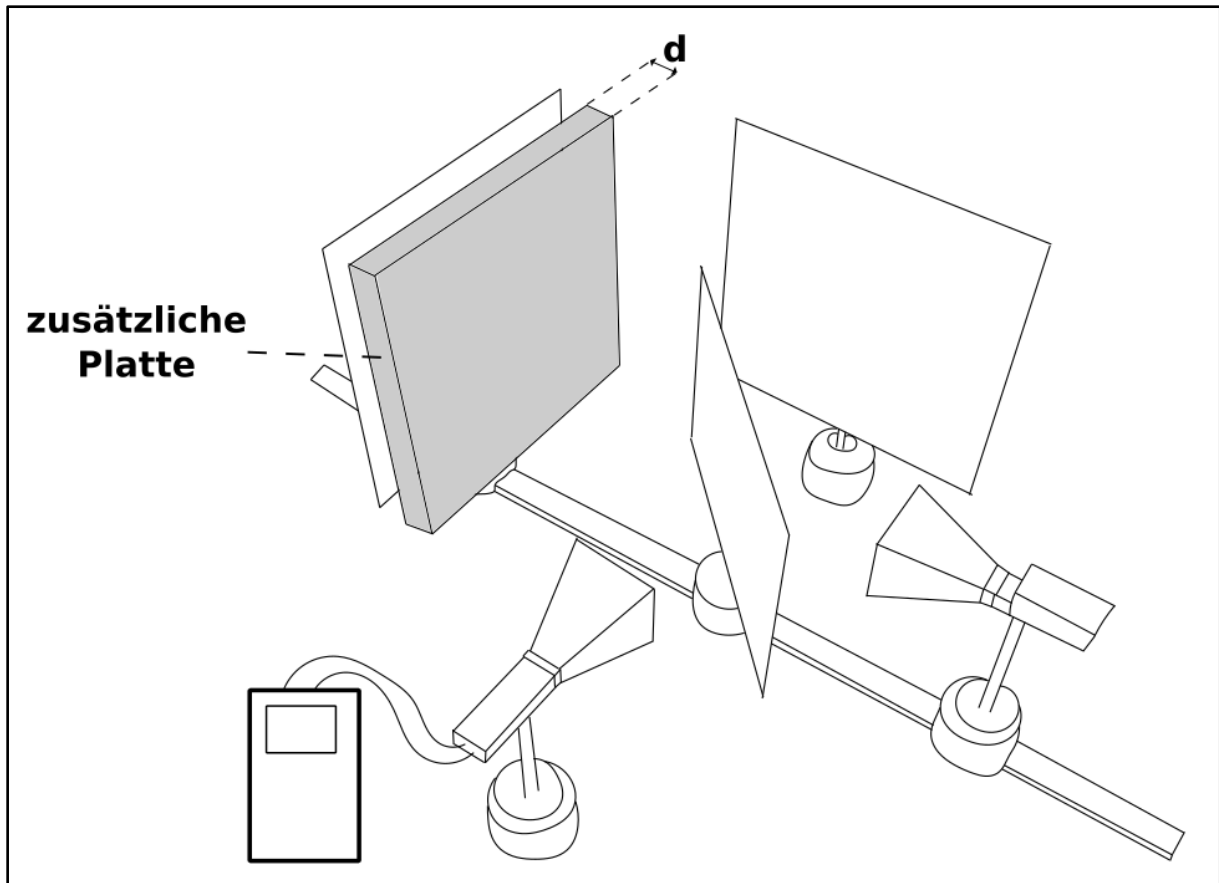
In folgendem Diagramm sind die Werte der Strecke l , um die die Metallplatte B nach außen (also von der Glasplatte weg) verschoben wurde, sowie die entsprechende Empfängerspannung U dargestellt.



d) Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms die Wellenlänge λ und die Frequenz f der Mikrowellen.

e) Das Interferometer zeigt Maxima und Minima, unabhängig von den Reflexions- und Transmissions-Eigenschaften der Glasplatte für Mikrowellen, wobei die Minima eine Intensität von Null aufweisen. Erklären Sie, warum es in diesem Experiment keine Rolle spielt, welcher Anteil der auf die Glasplatte treffenden Strahlung reflektiert bzw. durchgelassen wird, unter Berücksichtigung der Laufwege der Mikrowellen.

Im folgenden Gedankenexperiment wird das Verhalten von Mikrowellen in einer zusätzlichen Platte, die in den Strahlengang des Interferometers eingebracht wurde, untersucht (siehe Abbildung). Dabei wird angenommen, dass die Platte die Mikrowellen weder reflektiert noch absorbiert, sodass sie vollständig durchgelassen werden. Die Wellenlänge beträgt $\lambda = 3,2 \text{ cm}$.



Zunächst wird das Interferometer, wie in Abbildung 1 dargestellt, ohne die Platte auf ein Maximum der Empfängerspannung eingestellt. Anschließend wird die Platte in den Strahlengang eingefügt. Es wird beobachtet, dass das Voltmeter nun einen geringeren Wert anzeigt. Um das ursprüngliche Maximum der Empfängerspannung wieder zu erreichen, wird die Metallplatte B verschoben.

Die Brechzahl $n > 1$ beschreibt den Zusammenhang zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit c im Vakuum bzw. in guter Näherung auch in Luft und der im Vergleich dazu geringeren Ausbreitungsgeschwindigkeit

$$c' = \frac{c}{n}$$

in der Platte.

f) Erklären Sie, warum das Einbringen der Platte zu einer Verschiebung des Maximums der Empfängerspannung führt.

g) Begründen Sie, warum sich die Wellenlänge in der Platte um den Faktor

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n}$$

verkleinert.

h) Erläutern Sie durch eine Betrachtung der benötigten Zeit, warum die Empfängerspannung denselben Wert erreichen würde, wenn die Mikrowellen anstelle der Platte mit der Dicke d einen Weg der Länge $n \cdot d$ in Luft durchlaufen würden.

i) Die Metallplatte B muss um die Strecke

$$\Delta l = d \cdot (n - 1)$$

in Richtung der Glasplatte verschoben werden, um die Empfängerspannung wieder auf das ursprüngliche Maximum abzustimmen. Leiten Sie diesen Zusammenhang her.

j) Eine Platte mit der Dicke $d = 2$ cm wird verwendet. Die Strecke, um die die Metallplatte B zur Abstimmung auf das ursprüngliche Maximum verschoben werden muss, beträgt $\Delta l = 0,9$ cm. Bestimmen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit c' der Mikrowellen in der Platte. [Zwischenergebnis: $n = 1,45$]
