

Messung der Lichtgeschwindigkeit mit Signalmodulation

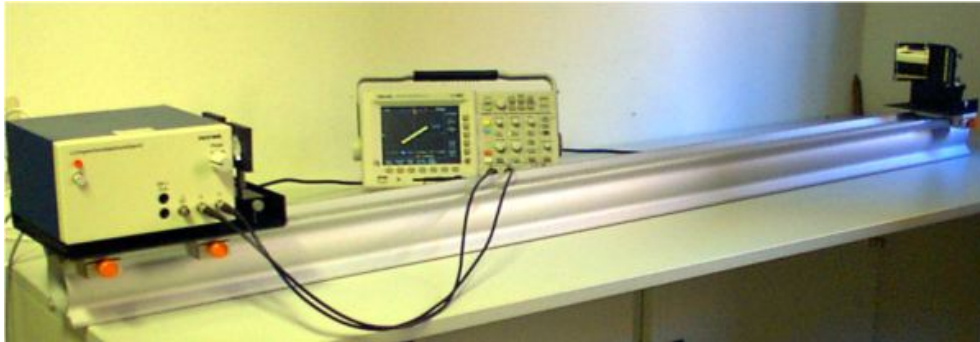


Abb. 1: Versuchsaufbau

Geräteliste:

Speicheroszilloskop, Sender und Empfangseinheit, Spiegelaufbau, optische Bank (2m), Maßband oder Gliedermassstab, Kunststoffröhre mit transparenten Endkappen

Versuchsbeschreibung:

Die Spiegel werden nahe vor den Sender gebracht und der Regler derart eingestellt, dass das Oszilloskopbild im xy-Betrieb eine Linie zeigt. Die Position wird markiert und die Spiegel auf der Schiene vom Sender entfernt bis das Oszilloskopbild wieder eine Linie zeigt. Der ermittelte Abstand Δx wird zur Berechnung der Lichtgeschwindigkeit benutzt.

Zusätzlich kann noch eine Röhre (z.B. mit Wasser befüllt) in den Strahlengang eingefügt werden um die Lichtgeschwindigkeit in Medien zu messen. Auch das Einfügen einer Plexiglas-Platte wird als Phasenverschiebung sichtbar.

Bemerkungen:

Die Spannung einer LED wird mit einer hohen Frequenz moduliert, in diesem Fall mit $f = 50 \text{ MHz}$. Die Modulationsfrequenz der Sendediode und die Modulation des Empfangssignals werden intern um den Faktor 1000 herunter gemischt. Die beiden Frequenzen werden nach durchlaufen der Strecke $\Delta s = 2 \Delta x$ durch Verschieben der Spiegel auf eine Phasenverschiebung von $\Delta \varphi = 180^\circ = \pi$ gebracht. Die Laufzeitdifferenz Δt ist mit der Phasendifferenz über

$$\varphi = \omega t \quad \text{oder} \quad \Delta t = \frac{\Delta \varphi}{2 \pi f}$$

verknüpft. Mit der Geschwindigkeit $c = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ wird daraus $c = \frac{\Delta s \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{\pi}$ oder $c = 2 \cdot \Delta s \cdot f$ bzw. muss einfach der Messwert Δx mit $2 \cdot 2 \cdot 50 \text{ MHz}$ oder einfach mit $2 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$ multipliziert werden.

Ein gemessener Abstand von $\Delta s = 2,99 \text{ m}$ führt auf eine Lichtgeschwindigkeit $c = \frac{\Delta s}{\Delta t} = 2,99 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Mit einer Wassersäule im Lichtweg wird eine geringere Lichtgeschwindigkeit ermittelt. Beim Messen ist der Spiegelabstand von 10 cm zu beachten!

Die Justage des Versuchs:

- 1.) Mit der Linse vor der Sendediode muss ein paralleles Strahlenbündel mitten auf den Spiegel 1 geworfen werden.
- 2.) Der Zweite Spiegel muss so eingestellt werden, dass dieses Strahlenbündel mitten auf die Empfängerlinse fällt.
- 3.) Die Empfängerlinse muss wiederum so eingestellt werden, dass die Empfängerdiode im Fokus liegt.

Man kann die Einstellung gut mit dem Oszilloskop überprüfen. Dazu beobachtet man das Empfangssignal und versucht es durch kleinste Verschiebungen der Elemente zu maximieren.