

11.1 Messung der Lichtgeschwindigkeit mit Lichtimpulsen

Geräte:

1 Gerät zur Lichtgeschwindigkeitsmessung mit Lichtimpulssender und Lichtimpulsempfänger; 1 Netzgerät 20 V=; 1 Netzgerät 6 V~ (regelbar); 1 Oszilloskop 20 MHz (z.B. HM 605); 3 BNC-Kabel (ca. 50 cm); 4 Experimentierkabel 50 cm; 1 Linse ($f \approx 20$ cm; $\varnothing \approx 10$ cm); 1 Schirm weiß; 2 Reflektoren (Katzenaugen); 3 Tischklemmen; 3 Stativstäbe (ca. 15 cm lang); 1 Maßband 50 m.

Versuchsziel: Messung der Lichtgeschwindigkeit in Luft mit der Lichtimpulsmethode.

Vorbereitende Hausaufgaben:

1. Geschichte der Messung der Lichtgeschwindigkeit:
 - a) Messversuch von Galilei (1564-1642)
 - b) Astronomische Methode (Ole Römer 1644-1710; 1675)
 - c) Zahnradmethode von Fizeau (1849)
 - d) Drehspiegelmethode von Foucault (1819-1868; 1850)
2. Lichtgeschwindigkeit in Materie; Dispersion des Lichtes.
3. Lichtgeschwindigkeit und Brechungsindex.
4. Strahlengang bei Linse, Prisma und Tripelspiegel (Katzenauge).
5. Aufbau und Funktionsweise von Leuchtdiode und Fotodiode.
6. Funktionsweise eines Oszilloskopes und Wirkungsweise als Zeitmesser.

Versuchsbeschreibung: (Abb. Seite 2)

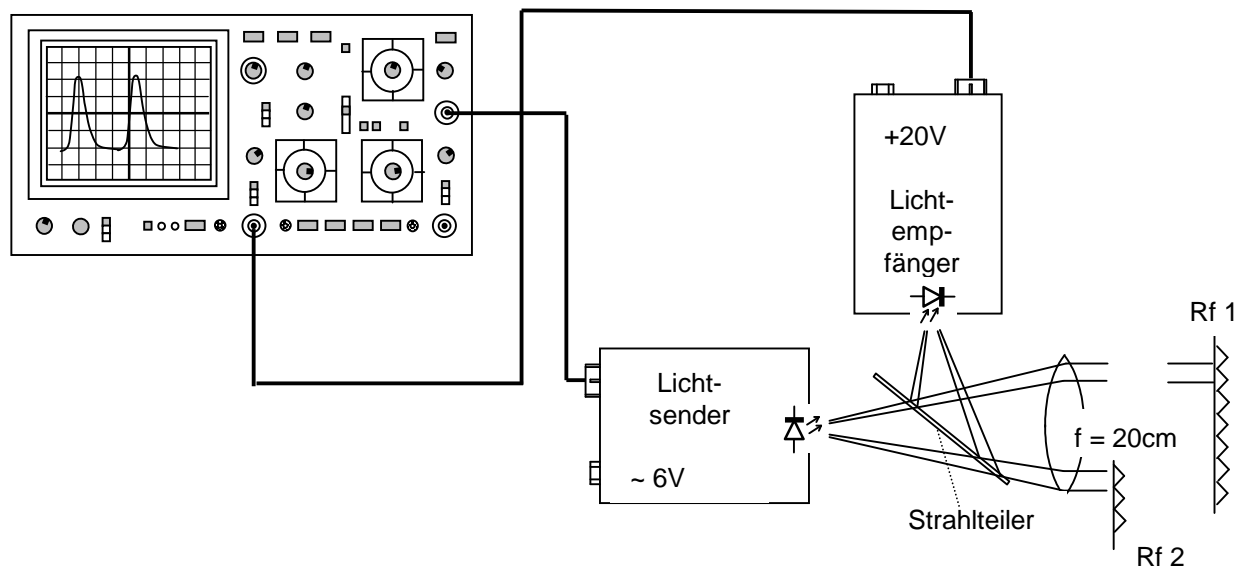
Der Lichtimpulssender erzeugt periodische Lichtimpulse von ca. 40 ns Dauer mithilfe einer rotleuchtenden Leuchtdiode (LED). Die Wiederholfrequenz der Lichtimpulse beträgt ca. 10 kHz. Die Leuchtdiode sitzt im Brennpunkt einer Linse mit einer Brennweite von $f \approx 20$ cm. Somit verlaufen die Lichtstrahlen hinter der Linse parallel. Sie treffen in einigen Metern Entfernung auf einen Reflektor (Rf 1, Satz von Katzenaugen) und werden von diesem in sich selbst zurückreflektiert (telezentrischer Strahlengang).

Der halbdurchlässige Spiegel sorgt dafür, dass die Lichtstrahlen auf dem Rückweg in die Fotodiode des Lichtempfängers gelangen, wobei die Fotodiode ebenfalls im Brennpunkt der Abbildungslinse sitzt und somit von möglichst viel Licht getroffen wird.

In der Fotodiode des Lichtempfängers werden die Lichtimpulse in elektrische Impulse umgewandelt und können dann auf dem Schirm des Oszilloskopes dargestellt werden.

Zur Messung der Lichtgeschwindigkeit wird der Reflektor zunächst direkt hinter die Linse gebracht. Man markiert seinen Ort und liest die Lage des Impulses auf dem Schirm des Oszilloskopes ab. Dann entfernt man den Reflektor um einige Meter, misst die Entfernung vom alten Standort und liest die neue Lage des Impulses auf dem Schirm des Oszilloskopes ab. (Da der Lichtimpuls jetzt einen größeren Weg zurücklegen muss, braucht er länger und ist somit auf der Zeitachse des Oszilloskopes nach rechts verschoben).

Aus der Zeitdifferenz (die sich aus der Verschiebung des Impulses auf dem Schirm ergibt) und der Wegdifferenz (die sich aus der Verschiebung des Reflektors ergibt) kann jetzt direkt die Lichtgeschwindigkeit in Luft bestimmt werden.



Versuchsdurchführung und Auswertung:

Die Versuchsanordnung mit Lichtimpulssender und Empfänger, Strahlteiler, Linse, (evtl. Faltspiegel) und Reflektor wird von der Lehrkraft aufgebaut und justiert. Das Oszilloskop wird von der Lehrkraft eingestellt und die Bedienung erläutert.

1. An den Lichtsender wird eine Wechselspannung von max. 6 V~, an den Empfänger eine Gleichspannung von max. 20 V angelegt.
2. Auf dem Schirm erscheint der verschobene Lichtimpuls, der die Strecke vom Sender zum Reflektor Rf 1 (evtl. über den Faltspiegel) und zurück zurückgelegt hat.
3. Direkt hinter der Linse wird ein zweiter Reflektor Rf 2 in den Strahlengang eingeschwenkt. Auf dem Schirm des Oszilloskopes sind jetzt unverschobener Lichtimpuls (gelangt vom Sender direkt in den Empfänger) und verschobener Lichtimpuls (legt die Strecke Δs - siehe unter 2. - zurück) zu sehen. Unverschobener und verschobener Lichtimpuls sollen auf dem Bildschirm gleiche Höhe haben. Reflektor Rf 2 ist entsprechend in den Strahlengang einzuschwenken.
4. Das Maximum des ersten Lichtimpulses muss auf eine cm-Rasterung in der linken Bildschirmhälfte fallen (evtl. Regulierung mit dem Drehknopf x-Position am Oszilloskop).
5. Die Laufzeitdifferenz Δt zwischen den beiden Impulsen wird mithilfe des cm-Rasters (1/10 mm schätzen) auf dem Bildschirm bestimmt.
6. Aus dem Abstand der beiden Reflektoren wird die halbe Laufstreckendifferenz $\Delta s/2$ der Lichtimpulse mit dem Maßband bestimmt.
7. Aus der Laufstrecke und der Laufzeit wird die Lichtgeschwindigkeit in Luft bestimmt. Die gemessene Lichtgeschwindigkeit wird mit dem Literaturwert verglichen und der prozentuale Fehler wird angegeben.

Zusatzversuch:

Messung der Lichtgeschwindigkeit in Lichtleitern (Glasfaserkabel) und Bestimmung des Brechungsindex des Lichtleitermaterials:

Der Lichtleiter wird zwischen Sendediode und Empfängerdiode gehalten. Die Messung erfolgt wie unter 4. bis 7. beschrieben. Der Brechungsindex des Lichtleiters ergibt sich dann aus dem Brechungsgesetz.

Steht eine Infrarotleuchtdiode zur Verfügung, können entsprechende Versuche mit Infrarotlicht durchgeführt werden.