

Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit

BESTIMMUNG DER LICHTGESCHWINDIGKEIT AUS DER LAUFZEIT KURZER LICHTIMPULSE.

- Oszilloskopische Messung der Laufzeit eines kurzen Lichtimpulses für einen vorgegebenen Laufweg durch Vergleich mit einem Referenzsignal.
- Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit in Luft als Quotient aus Laufweg und Laufzeit.

UE406010

09/08 JS

ALLGEMEINE GRUNDLAGEN

Die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts lässt sich mit heutiger Messtechnik durch eine einfache Laufzeitmessung demonstrieren. Hierzu werden sehr kurze Lichtimpulse von nur wenigen Nanosekunden Dauer untersucht und deren Laufzeit nach Hin- und Rücklauf über eine mehrere Meter lange Messstrecke oszilloskopisch bestimmt.

Im Experiment gelangen die kurzen Lichtimpulse einer gepulsten LED über einen Strahlteiler auf zwei Photowandler, deren nachgeschaltete Verstärker Spannungsimpulse für die oszilloskopische Auswertung liefern. Auf den Photowandler A treffen Lichtimpulse, die durch einen in großer Entfernung aufgestellten Triple-Prismen-Reflektor in das Messgerät zurückgeworfen wurden. Photowandler B misst den unverzögerten, intern erzeugten Referenzimpuls. Die Triggerung des Oszilloskops erfolgt durch einen Spannungsimpuls von Ausgang C, der dem Referenzimpuls um 60 ns vorausseilt.

Mit einem zweikanaligen Oszilloskop wird der Laufzeitunterschied t der beiden Impulse gemessen. Aus dem ermittelten Laufzeitunterschied t und der Entfernung s des Senders zum Tripel-Prismen-Reflektor kann die Lichtgeschwindigkeit berechnet werden:

$$(1) \quad c = \frac{2 \cdot s}{t}$$

Eindrucksvoller ist es, die Entfernung des Reflektors zu variieren und die daraus resultierende Änderung des Pulsabstandes auf dem Oszilloskop zu beobachten. Dies ist problemlos möglich, da die Aufstellung des Triple-Prismen-Reflektors keinen größeren Justieraufwand erfordert, sondern nach Augenmaß erfolgen kann.

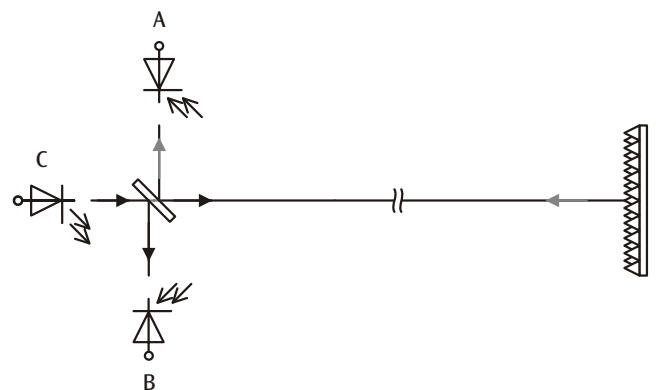


Fig. 1: Messprinzip

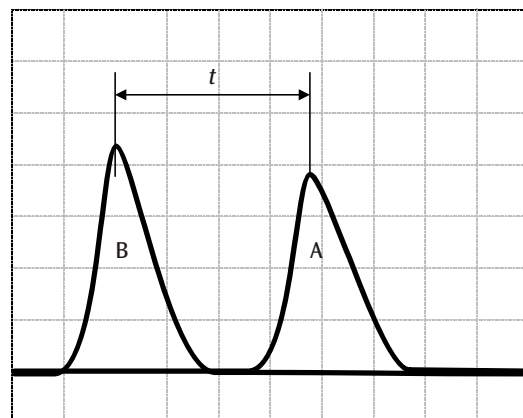


Fig. 2: Laufzeitmessung mit dem Oszilloskop

GERÄTELISTE

1	Lichtgeschwindigkeits-Messgerät	U8476460
1	Analog-Oszilloskop, 2x150 MHz	U11177
1	Optische Bank U, 600 mm	U17151
2	Optikreiter U, 75 mm	U17160
1	Stativfuß, 3-Bein	U13271
1	Stativstange, 1500 mm	U15005
1	Universalmuffe	U13255
1	Taschenbandmaß, 2 m	U10073

- Ausrichtung des Tripel-Prismen-Reflektors und der Fresnellinse optimieren, um ein möglichst großes Oszilloskopsignal zu erreichen.
- Oszilloskopdarstellung so wählen, dass beide Signale gleiche Höhe haben.
- Zeitabstand t der beiden Signale ablesen.
- Entfernung s zwischen Lichtsender und Tripel-Prismen-Reflektor messen.

AUFBAU

- Optische Bank auf einem Tisch waagrecht ausrichten.
- Lichtsender und Fresnellinse auf der optischen Bank montieren und darauf achten, dass die Fresnellinse möglichst senkrecht zum Strahlverlauf steht.
- Ausgänge "A" und "B" des Lichtsenders an die Eingänge I und II, Ausgang C an den externen Triggereingang des Oszilloskops anschließen.
- Tripel-Prismen-Reflektor an Stativstange montieren und in der Höhe auf den Strahlverlauf ausrichten.

DURCHFÜHRUNG

- Lichtsender zum Einschalten an das Netz anschließen.
- Oszilloskop einschalten und Zeitablenkung auf 50 ns/Div. einstellen.
- Tripel-Prismen-Reflektor in mindestens 10 m Entfernung zum Lichtsender aufstellen und so ausrichten, dass sich der rote Lichtfleck des Senders in der Spiegelmitte befindet.
- Fresnellinse auf der Optischen Bank so verschieben und ausrichten, dass der Lichtfleck auf dem Tripel-Prismen-Reflektor scharf ist und das Oszilloskopsignal des reflektierten Signals maximale Höhe hat.

MESSBEISPIEL

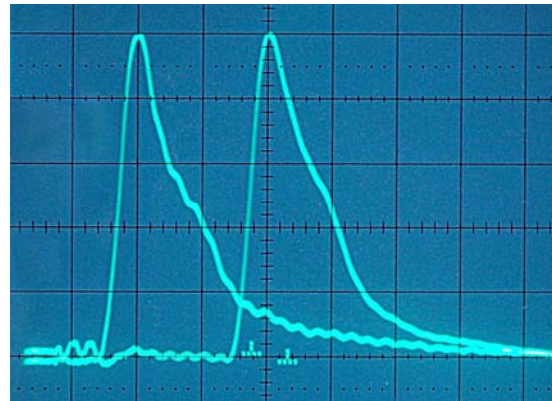


Fig. 3: Messsignal bei $s = (15,0 \pm 0,1)$ m
Zeitablenkung 50 ns/DIV.

Laufzeit des Lichtsignals: $t = (100 \pm 1)$ ns

AUSWERTUNG

Gemäß (1) berechnet man aus den Messwerten:

$$c = \frac{2s}{t} = (3,00 \pm 0,04) \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Fig. 4: Messaufbau