

## Laserpulse und Lichtgeschwindigkeit

Im Jahr 1983 wurde die Lichtgeschwindigkeit auf den Wert  $c = 299\,792\,458$  m/s festgelegt. Der Hintergrund war, dass zuvor der Meter festgelegt wurde auf das 1 650 763,73-fache der Wellenlänge der Strahlung, die im Vakuum einem bestimmten Übergang von Atomen des Nuklids Krypton-86 entspricht<sup>1</sup>. Auch die Sekunde bestimmte man auf Basis eines atomaren Übergangs. Die Lichtgeschwindigkeit  $c$  wurde über die Zeitspanne bestimmt, in der das Licht eine Referenzstrecke durchlief. Jedoch war die Genauigkeit, mit der die Referenzstrecke gemessen werden konnte, begrenzt – das Problem war, dass dadurch auch die Genauigkeit zur Bestimmung von  $c$  begrenzt war. Aus diesem Grund wurde 1983 das Verfahren umgekehrt und die Lichtgeschwindigkeit auf den obigen Wert festgelegt und die Länge über die Dauer festgelegt, die das Licht zum Durchlaufen der Strecke benötigt.

Man könnte daher zurecht sagen, es ist sinnlos, die Lichtgeschwindigkeit zu messen, da sie eine fest definierte Konstante ist. Dennoch ist es im Praktikum interessant zu versuchen, diesen Wert zu reproduzieren: Ein Schwerpunkt dieses Versuchs liegt nicht nur in den Mess- und Justiertechniken, die Sie hier erlernen, sondern auch in der Einschätzung der Zuverlässigkeit Ihres Ergebnisses für den Wert von  $c$  durch Betrachtung der Messunsicherheiten bei Variation der Messparameter.

Im Praktikum sollen Sie dazu einen Versuchsaufbau erstellen, mit dem Sie die Zeit messen sollen, die ein Nanosekunden-Laserpuls für eine bestimmte Strecke benötigt. Die Laserpulse können mit sehr schnellen Fotodioden-Detektoren gemessen werden.

### Aufgaben zur Vorbereitung:

*Hinweis: Sie können sich die Antworten auf die untenstehenden Fragen selbst überlegen, Sie dürfen aber auch in die Justieranleitung schauen, in der Sie letztlich Antworten finden können. Sinn der Fragen ist, dass Sie vor Versuchsbeginn über die Methode selbst und ihre Schwierigkeiten nachgedacht haben und eine Vorstellung davon haben, worauf es beim Messen und Auswerten ankommt. Es genügt, wenn Sie sich zu jeder Frage einige Stichpunkte notieren (bzw. zu Frage 1 eine Skizze machen).*

1. Skizzieren Sie, wie so eine Laufzeitmessung prinzipiell und ganz einfach gemacht werden kann.  
Hinweis: Sie können sich das analog zum akustischen Laufzeitexperiment vorstellen, bei dem Sie die Schallgeschwindigkeit mit dem Oszilloskop und zwei Mikrofonen ermitteln.
2. Im Gegensatz zu einem Schall-Experiment treffen Sie hier – aufgrund des enorm hohen Wertes für die Lichtgeschwindigkeit - auf einige Schwierigkeiten, an die Sie beim Design des Aufbaus denken müssen:
  - a) Wieviel Zeit benötigt das Licht für eine Strecke von einem Meter? Welche Möglichkeiten haben Sie, solche Zeiten zu messen?
  - b) Aufgrund der Erkenntnisse von a): Was würden Sie für die Laufstrecke des Lichts konkret empfehlen?

---

<sup>1</sup> S. PTB-Mitteilung 2016, Heft 2:

[https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/ptb\\_mitteilungen/mitt2016/Heft2/PTB-Mitteilungen\\_2016\\_Heft\\_2.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/ptb_mitteilungen/mitt2016/Heft2/PTB-Mitteilungen_2016_Heft_2.pdf)

- c) Ihre Laufzeitmessung der Laserpulse findet im Medium „Luft“ statt. Neben dem Weg der Laserpulse in Luft haben Sie aber außerdem noch die Signallaufzeiten von den Kabeln aus den Detektoren, die hier eine Rolle spielen. Diese haben einen wesentlichen Beitrag und können das Ergebnis verfälschen. Wie kann sich das konkret auf Ihre Messergebnisse auswirken?
3. Überlegungen zur Auswertung: Den Wert für die Lichtgeschwindigkeit  $c$  erhalten Sie denkbar einfach aus der Messung der Laufzeit und der entsprechend zurückgelegten Strecke. Wie würden Sie bei der Messung vorgehen und wie würde Ihre Auswertung aussehen?  
→ Ziel der Frage ist, dass Sie sich vorher einmal überlegt haben, wie Sie später vorgehen wollen.

## Durchführung

**Denken Sie an Ihre Labornotizen! Notieren Sie übersichtlich die einzelnen Versuche, Ihr Vorgehen, Ihre Beobachtungen und Ergebnisse!**

1. Offset durch Signallaufzeiten in den Kabeln: Bauen Sie zunächst einen Teil des Versuchs auf, sodass Sie herausfinden können, welche Signallaufzeiten Sie in den Kabeln der beiden Detektoren haben. Als Hilfe haben Sie die Justieranleitung zur Verfügung. Diesen Differenz-Faktor müssen Sie später in Ihrer Auswertung berücksichtigen (wie?).
2. Messen Sie zunächst ohne Spiegel in einem Bereich von 10cm – 1m und werten Sie ihre Messung aus. Wie beurteilen Sie Ihr Ergebnis, wie zuverlässig ist das? Vergleichen Sie dazu Ihr Ergebnis mit dem Literaturwert und betrachten Sie vor allem die Messunsicherheiten Ihres Ergebnisses!
3. Bauen Sie jetzt die Spiegel ein und justieren Sie den Aufbau sorgfältig. Wählen Sie Ihre Messpunkte so, dass Sie am Ende ein möglichst zuverlässiges Ergebnis haben, d.h. hier, eine möglichst kleine Standardabweichung Ihres ermittelten Wertes für  $c$ .
4. Verwenden Sie schließlich alle Messwerte aus allen Messreihen, die Sie gemacht haben und werten diese zusammen aus. Welchen Wert für  $c$  erhalten Sie jetzt? Vergleichen Sie wieder die Zuverlässigkeit/Messunsicherheit Ihres Ergebnisses.
5. Fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse zusammen: Wie sollten Sie letztlich vorgehen, um mit diesem Aufbau das zuverlässigste Ergebnis, das möglich ist, zu erhalten?