

Photonenlabor



I) Vorkenntnisse

1) Allgemeines



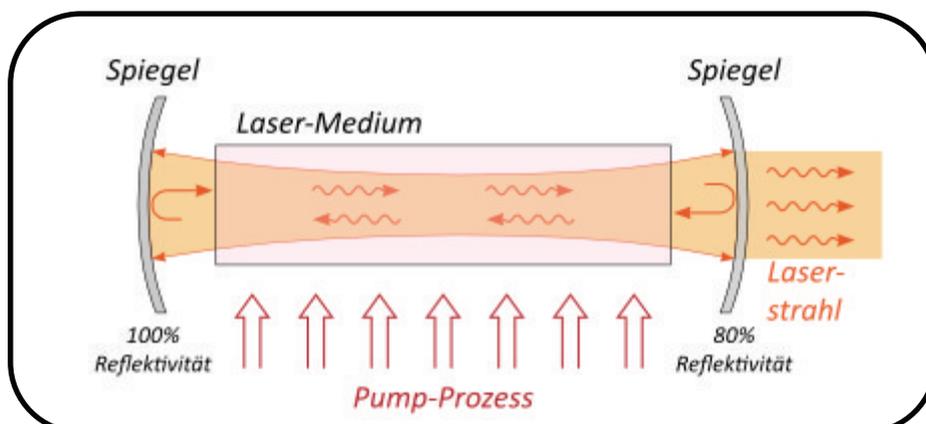
Das Wort Laser ist ein Akronym für **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation was so viel bedeutet wie „Lichtverstärkung durch stimulierte Emission durch Strahlung“.

Der erste funktionierende Laser war ein Rubinlaser und wurde 1960 von Theodor Maiman entwickelt.

Laser gibt es für Strahlungen in verschiedenen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums: von Mikrowellen (Maser) über Infrarot, sichtbares Licht, Ultraviolett bis hin zu Röntgenstrahlung. Die besonderen Eigenschaften der Laserstrahlen entstehen durch ihre Erzeugung in Form einer stimulierten Emission.

2) Funktionsweise

Der Laser arbeitet wie ein optischer Verstärker in resonanter Rückkopplung. Die dazu erforderliche Energie wird von einem Lasermedium (bspw. Kristall, Gas oder Flüssigkeit) bereitgestellt, in dem aufgrund äußerer Energiezufuhr eine Besetzungsinversion herrscht. Die resonante Rückkopplung entsteht dadurch, dass das Lasermedium sich in einem elektromagnetischen Resonator für die Strahlung bestimmter Richtung und Wellenlänge befindet. Der Resonator (die beiden Spiegel) sorgt dafür, dass alle Photonen, die im Lasermedium entstehen, bis auf die in Impuls und Energie vom Resonator bevorzugten Photonen den Laser verlassen. Diese Photonen bilden den Laserstrahl, der durch die Selektion des Resonators und der stimulierten Emission stark kohärent und einfarbig ist.

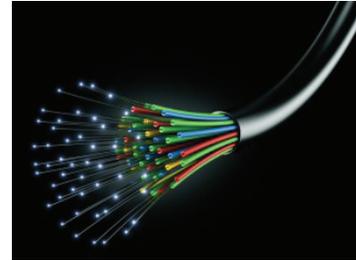


II) Praktikum

1) Datenautobahn um den Globus: Lichtleiter

a) Einführung

Um die enormen Datenmengen zu transportieren sind in Deutschland mehr als 340 000km (Abstand Erde-Mond) Lichtleiter verlegt. Glasfaser in der Telekommunikation können bis zu 200 Billionen Bits pro Sekunde transportieren. Das entspricht 30000 CD-ROMs.



Glasfaserkabel

b) Was ist ein Lichtleiter? Ein Lichtleiter kann Licht um die Kurve lenken

Experiment:

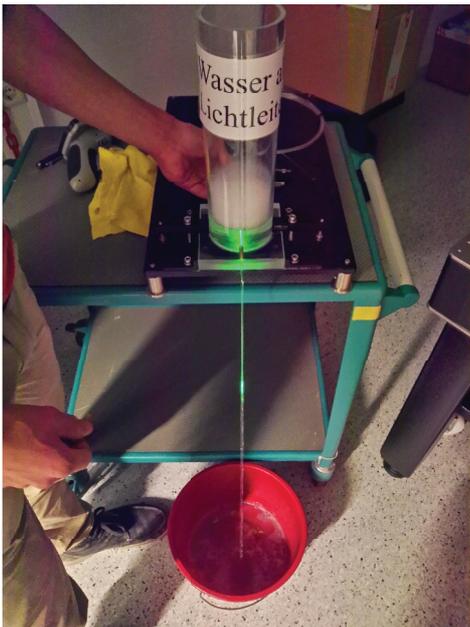
Gießen Sie Wasser aus dem roten Eimer in den Plexiglasbecher. Achtung!! Der Stöpsel muss stecken und wenn Sie ihn rausziehen, halten Sie den Eimer ganz hoch! Jetzt drücken Sie von oben und unten den Laserpointer und leuchten in den ausfließenden Wasserstrahl.

Aufbau:



Laserpointer

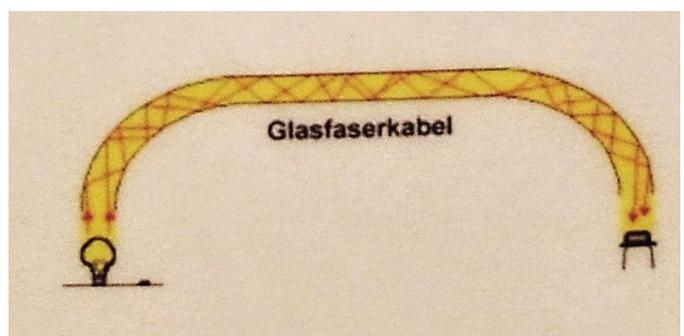
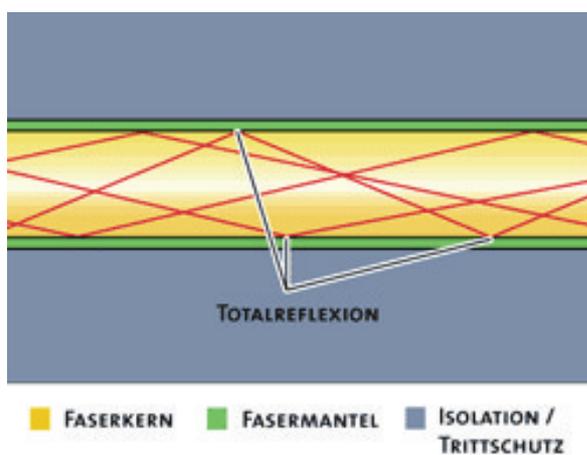


Beobachtung:

Das Licht des Lasers wird durch den Wasserstrahl (Lichtleiter) um die Kurve gelenkt.

c) Wie funktioniert das?

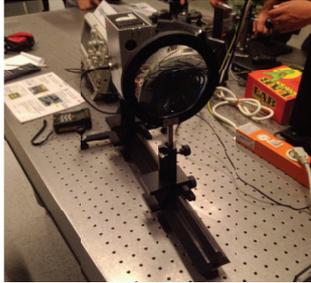
Die als Lichtwellenleiter bezeichneten Glasfaser bestehen im Inneren aus einem Kern (engl. core) und einem ihn umgebenden Mantel (engl. cladding). Der Mantel hat dabei einen niedrigeren Brechungsindex als der Kern ($n_K > n_M$) und bewirkt durch Totalreflexion an der Grenzschicht zum Kern die Führung der Strahlung. Nur Licht, das innerhalb eines bestimmten Akzeptanzwinkels auf den Lichtleiter fällt, wird weiter geleitet.



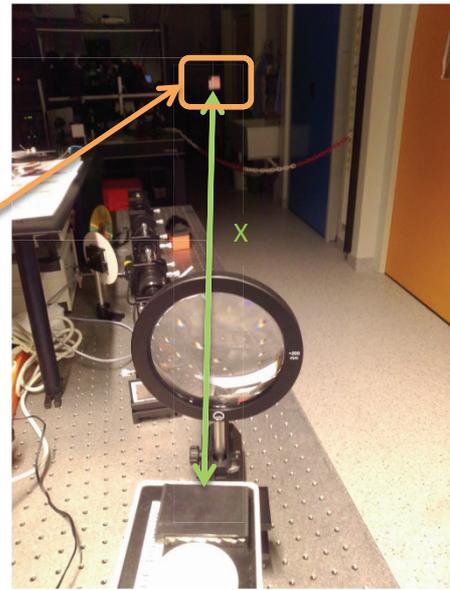
2) Abstandsmessung mit Licht

a) Ziel

Messen der Entfernung bis zum Katzenauge (Reflektor)



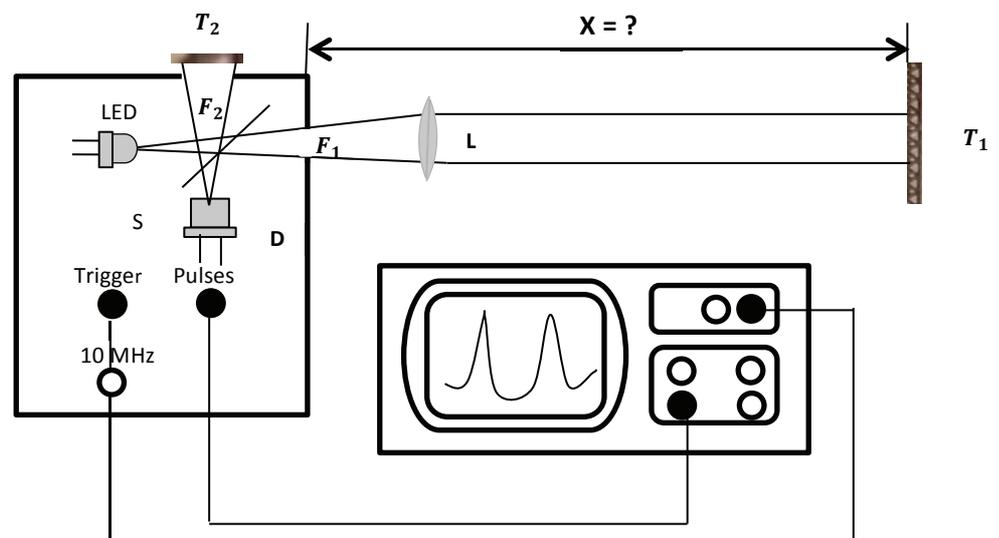
Katzenauge (T_1)



b) Experimenteller Aufbau:

Das Lichtgeschwindigkeits-Messgerät sendet über eine Hochleistungs-LED sehr kurze, rote Lichtimpulse von etwa 20 ns Breite aus. Die Lichtimpulse werden durch den Strahlenteiler S in zwei Teilstrahlen aufgespalten und von den Katzenaugen T1 bzw. T2 reflektiert. Nach Hin- und Rücklauf werden sie mit Hilfe der Photodiode D in Spannungsimpulse umgewandelt und mit einem Oszilloskop beobachtet um die Laufzeitdifferenz zu messen. Die Laufzeitdifferenz entspricht der Laufzeit für $2x$. Mit Kenntnis der Lichtgeschwindigkeit lässt sich daraus die Entfernung des Katzenauges T2 bestimmen.

Schema:

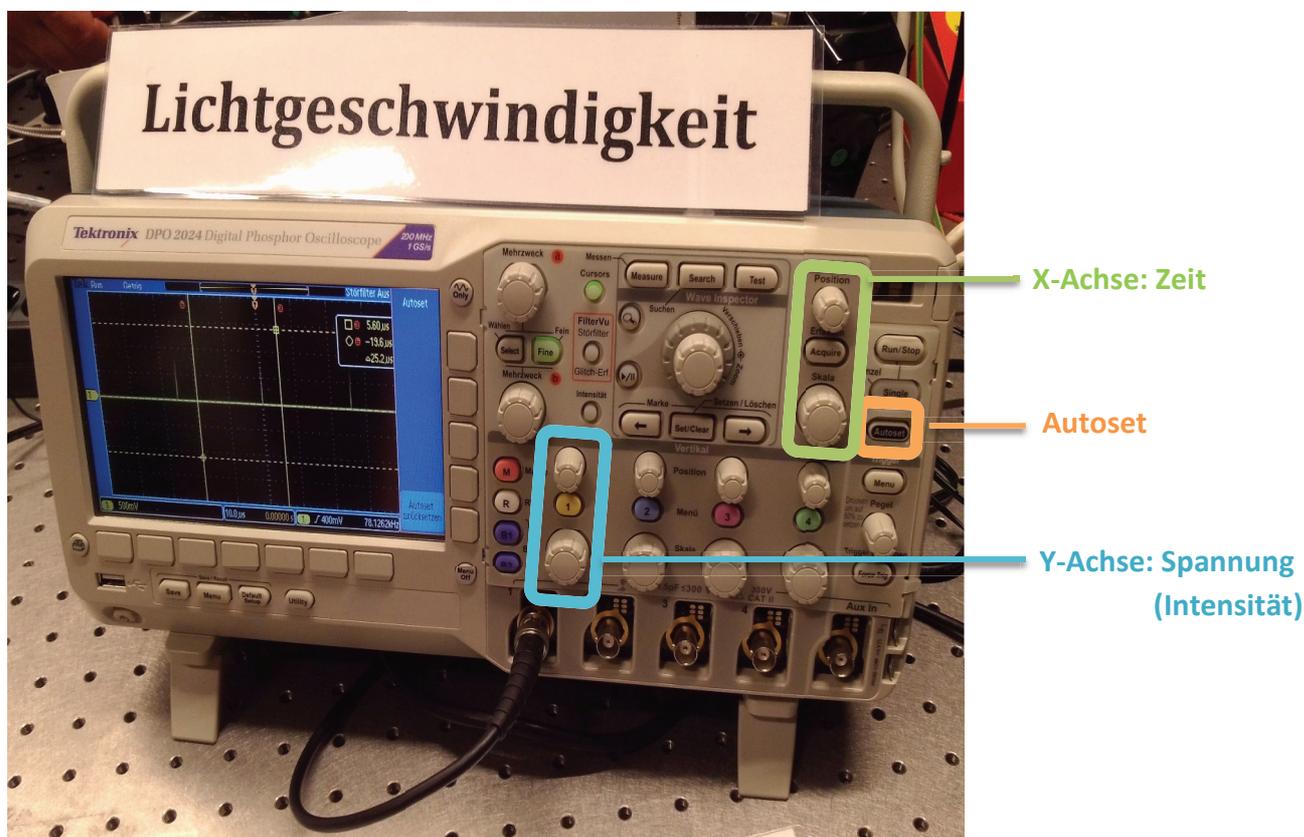


c) Messung mit dem Oszilloskop

Da hier ein modernes, digitales Oszilloskop verwendet wird, ist der Anschluss eines Trigger-Kabels nicht notwendig. Der Ausgang Pulses muss nur mit Channel 1 des Oszilloskopes verbunden werden.

Damit das Oszilloskop das Signal alleine findet, drücken Sie die Taste "Autoset". Verändern Sie die x- und die y-Skalierung indem Sie an den im Bild markierten Knöpfen drehen. Damit die beiden Pulse gleich groß werden, kann die optische Bank mit der Linse leicht verschoben werden.

Lesen Sie die Zeitdifferenz der beiden Signale ab und bestimmen Sie mit Hilfe dieses Messwertes und der Ihnen bekannten Größe der Lichtgeschwindigkeit ($c_0 \approx 300\,000\text{ km/s}$) den Abstand x des "Katzenauges"



Resultat:

Zeitdifferenz: $\Delta t = 25,2\text{ ns}$

Zurückgelegte Distanz des Lichts: $d = \Delta t \cdot 300\,000 = 15,12\text{ m}$

Entfernung bis zum Katzenauge: $x = d/2 = 7,56\text{ m}$