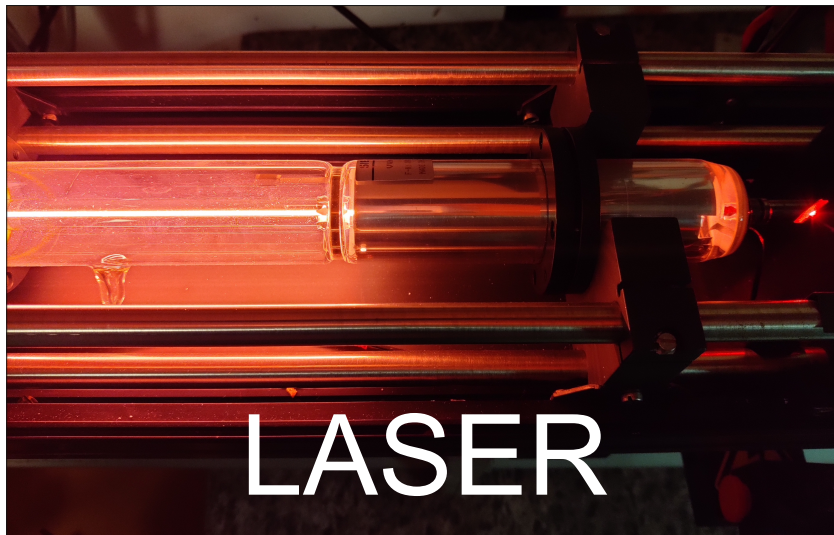


UNIVERSITÄT REGENSBURG

# F-Praktikum

VERSUCH:  
LASER



03.12.2021

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>3</b>
<b>2 Lernziele</b>	<b>3</b>
2.1 Verständnis der Aussagen der Theorie . . . . .	3
2.2 Verständnis des technischen Aufbaus des Lasers . . . . .	3
2.3 Ausblick auf Anwendungsmöglichkeiten des Lasers . . . . .	3
2.4 Arbeitsweise weiterer optischer Geräte . . . . .	3
2.5 Selbstständiger Aufbau von Versuchen . . . . .	4
<b>3 Aufgaben</b>	<b>4</b>
<b>4 Sicherheitsbestimmungen</b>	<b>4</b>
<b>5 Aufbau und Versuchsdurchführung</b>	<b>4</b>
5.1 Modendarstellung . . . . .	4
5.2 Bestimmung der Wellenlänge des Laserlichtes . . . . .	5
5.3 Kennlinienbestimmung der Solarzelle . . . . .	6
5.4 Messung der Lichtgeschwindigkeit und interferometrische Längenmessung	6
5.5 Modulation . . . . .	7

# 1 Einführung

Der Laser findet in unserer heutigen Gesellschaft eine Vielzahl von Anwendungen. Als Lesegerät in Laufwerken, zur Längenmessung, in der Medizin oder einfach als Ersatz für einen Zeigestab ist er aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Ein Laser besteht grundsätzlich aus einem lichtverstärkenden Material (z. B. Neon), das sich im Inneren eines Resonators befindet. Die Verstärkung des Lichtes erfolgt durch induzierte Emission von stärker besetzten höheren Energieniveau ins niedrigeren Niveau. Es kommt zur sog. Besetzungsinversion. Durch induzierte Emission werden kohärente Photonen erzeugt, welche weitere kohärente Photonen erzeugen, so dass durch eine Art Lawineneffekt ein starker kohärenter Lichtstrahl (Laser) entsteht. Beim He-Ne-Laser wird die Besetzungsinversion durch Gasentladung mit einer Kathodenspannung von ca. 2,8 kV erreicht. Man unterscheidet zwischen Dauerstrich- (*engl. Abkürzung "cw" – continuous wave operation*) und gepulsten Lasern. Als Lasermedium können feste (z. B. Rubin, Nd:YAG), flüssige (z. B. Farbstoffe) und gasförmige (z. B. He-Ne, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) Stoffe dienen. Die wichtigsten Eigenschaften des monochromatischen Laserlichtbündels sind seine hohe Intensität, seine geringe Divergenz und seine Kohärenz.

## 2 Lernziele

### 2.1 Verständnis der Aussagen der Theorie

- Möglichkeiten der Lichtverstärkung durch Besetzungsinversion
- Bedeutung der induzierten Emission: Erzeugung von kohärentem Licht großer Intensität
- Moden eines Resonators

### 2.2 Verständnis des technischen Aufbaus des Lasers

- Erzeugung eines Lichtbündels mit kleiner Divergenz
- Verschiedene optische Elemente

### 2.3 Ausblick auf Anwendungsmöglichkeiten des Lasers

- Modulationsmöglichkeiten (notwendig für Informationstransport)
- Lichtleitung in Glasfasern

### 2.4 Arbeitsweise weiterer optischer Geräte

- Solarzelle

- Modulatoren
- Reflexionsgitter

## 2.5 Selbstständiger Aufbau von Versuchen

### 3 Aufgaben

1. Darstellung verschiedener transversaler Moden
2. Bestimmung der Wellenlänge des Lasers
3. Die Charakteristik einer Solarzelle studieren
4. Messung der Lichtgeschwindigkeit und interferometrische Längenmessungen
5. Modulation des Laserslichts

### 4 Sicherheitsbestimmungen

Der He-Ne-Laser (Ausgangsleistung  $< 2$  mW) entspricht der Laserklasse 3. Weder der direkte noch der reflektierte Strahl darf das Auge treffen. Der Benutzer sollte es außerdem vermeiden, sich dem direkten oder reflektierten Strahl auszusetzen. Aus diesem Grund keine reflektierenden Gegenstände (z. B. Uhren, Gläser) in den Strahlengang bringen.

**!!Achtung!!**  
**Nicht in den Laserstrahl blicken!!! Gefahr für die Augen!!!**

### 5 Aufbau und Versuchsdurchführung

**Ein dejustierter Laser ist nur schwer ohne größeren Aufwand neu zu justieren!!!** Der Laser sollte nur optimal justiert abgeschaltet werden.

#### 5.1 Modendarstellung

Der Laserstrahl wird mit Hilfe einer bikonkaven Linse aufgeweitet, die vor dem Laser befestigt ist. Durch Einbringen z. B. eines Haares oder Fadenkreuzes in den Strahlengang innerhalb des Resonators kann man bereits transversale Modenselektion erreichen. Diese lässt sich am Schirm beobachten. Woraus besteht die modenselektierende Wirkung des Haares bzw. Fadenkreuzes im Resonator? Lassen sich durch die beobachtete Form der Moden Rückschlüsse auf die Spiegelgeometrie schließen? Man skizziere/fotografiere und indiziere die beobachteten Moden.



Abbildung 1: TEM<sub>02</sub> Mode

## 5.2 Bestimmung der Wellenlänge des Laserlichtes

Zur Bestimmung der Wellenlänge des Lasers wird die Maßeinteilung eines Messschiebers als Reflexionsgitter benutzt. Man markiert zunächst die Stelle, an der das nicht abgelenkte Lichtbündel den Schirm (versehen mit Papier) trifft. Dann legt man den Messschieber so auf den runden, in der Neigung verstellbaren Positionierungsbühne, dass das Bündel die mm-Maßeinteilung streift. (*Achtung! Der Messschieber hat auch eine Zolleinteilung!* Wird diese gestreift, so muss die Rechnung entsprechend angepasst werden). Am Schirm kann man nun eine Anzahl von Beugungsmaxima beobachten. Aus der Geometrie, der Gittergleichung für ein Reflexionsgitter, sowie der Näherung, dass das Lichtbündel senkrecht auf den Schirm auftrifft, lässt sich mit der Gitterkonstanten  $g = 1 \text{ mm}^{-1}$  und der Lage der Maxima, die Wellenlänge bestimmen und durch Berechnung für mehrere Maxima (mindestens 10!) ein Mittelwert angeben.

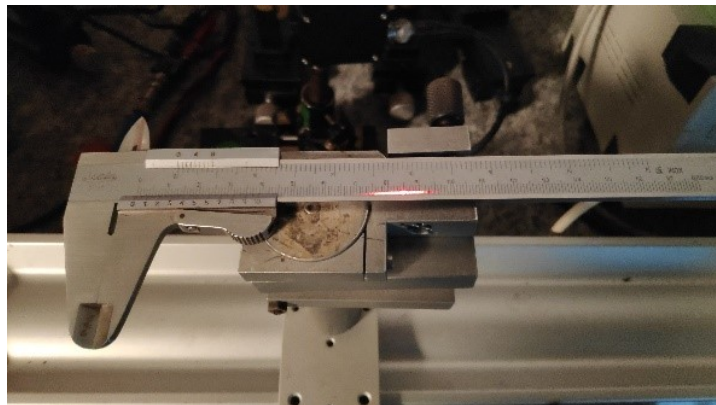


Abbildung 2: Positionsbühne mit Messschieber. Das Lichtbündel streift die mm-Maßeinteilung.

### 5.3 Kennlinienbestimmung der Solarzelle

Im verdunkelten Raum wird die Solarzelle mit dem aufgeweiteten Laserbündel beleuchtet und der Photostrom an der Solarzelle mit dem Amperemeter gemessen. Durch Einbringen von Neutralglasfiltern (möglichst nahe vor der Zelle), deren Transmission  $T$  aus der Tabelle entnommen werden kann, lässt sich der Strom in Abhängigkeit von der eingestrahlten relativen Intensität bestimmen. Welchen Zusammenhang erwarten Sie? Wie lässt sich der Zusammenhang durch eine kurze Rechnung begründen?

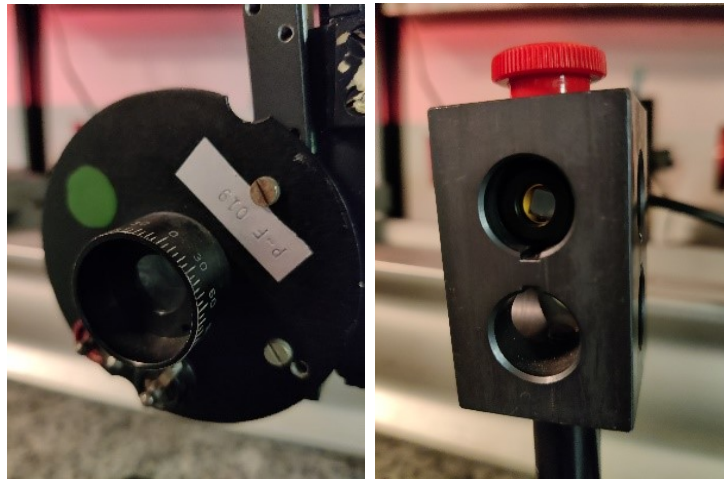


Abbildung 3: Links: Die Solarzelle; rechts: Photodiode für den Spektralanalysator.

### 5.4 Messung der Lichtgeschwindigkeit und interferometrische Längenmessung

Zur Messung der Lichtgeschwindigkeit wird die Frequenz von den Longitudinalmoden des Resonators gemessen. Diese Frequenz hängt, außer von der Lichtgeschwindigkeit nur von der optischen Resonatorlänge  $L$  ab, sodass aus Messungen der Länge des Resonators die Lichtgeschwindigkeit ermittelt werden kann. Umgekehrt lässt sich bei gegebener Lichtgeschwindigkeit die Länge eines Maßstabes angeben.

Die Messung wird wie folgt vorgenommen: Das periodische Zeitverhalten der Intensität des aufgeweiteten Laserbündels wird mit einer schnellen Photodiode aufgenommen und die spektralen Komponenten dieses Signals werden von einem Spektralanalysator dargestellt. Im Gegensatz zu einem Oszilloskop zeigt letzteres auf der horizontalen Achse die Frequenz und auf der vertikalen Achse die dazugehörige Amplitude. Was für eine Struktur erwarten Sie für dieses Spektrum, in welchem Frequenzbereich liegt es und wie kommt es zustande?

## 5.5 Modulation

Ein Faraday-Rotator dreht, proportional zum angelegten Magnetfeld, die Schwingungsrichtung vom einfallenden linear polarisierten Licht um den Winkel  $\beta$ . Mit Hilfe eines solchen Faraday-Rotators, der an einen CD-Player (oder einen Signalgenerator) angeschlossen wird, soll im ersten Schritt die Information (Musik oder Ton), die aus der Modulation der Polarisationsrichtung besteht, in ein elektrisches Signal umgewandelt werden. Als Empfänger steht ein Phototransistor (oder eine Photodiode) zur Verfügung, der an einen NF-Verstärker mit Lautsprecher angeschlossen wird.

Wie kommt man von der Modulation der Polarisationsrichtung auf eine, für diese Art von Signalübertragung notwendige, Amplitudenmodulation? Worauf kommt es bei der Modulation an, wie muss demnach der Polarisationsfilter gestellt werden? Wieso erhält man bei abgedecktem Laserstrahl manchmal trotzdem ein Signal?

Als Übertragungsmedium für leitungsgebundene Kommunikationssysteme kommen heute vor allem Lichtwellenleiter vor. In einem zweiten Schritt soll dann die Übertragung über einen Lichtwellenleiter erfolgen.

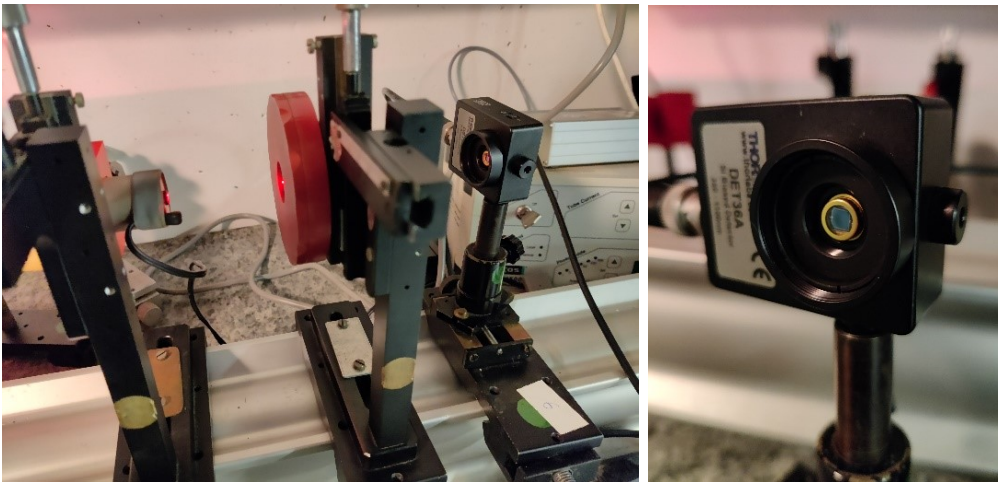


Abbildung 4: Links: Aufbau für Lichtmodulation: Faraday-Rotator, Polarisator, Photodiode; rechts: Photodiode.

## Literatur

- 1 K. Tradowsky: Laser, Vogel-Verlag, Würzburg, 1968; 84/UH 5610 T763
- 2 H. Weber, G. Herziger: Laser Grundlagen und Anwendungen, Physik Verlag, Weinheim/ Bergstraße, 1972; 84/UH 5610 W373
- 3 J. Eichler, H.-J. Eichler: Laser, Springer, Berlin, 1990; 84/UH 5610 E34
- 4 F. K. Kneubühl, M. W. Sigrist: Laser, Teubner, Stuttgart, 1991; 84/UH 5610 K68(3)
- 5 B. A. Lengyel: Lasers, Wiley-Interscience, N.Y., 1971; 84/UH 5610 L566 L3(2)
- 6 L. Bergmann, C. Schaefer: Experimentalphysik, Bd. 3: Optik, de Gruyter, Berlin, 1993; 84/UC 143 B499-3(9)
- 7 E. Hecht: Optics, Addison-Wesley, Reading, 1987; 84/UH 5000 H477 O6(2)

*[1] - [5] behandeln speziell den Laser (weitere Literatur hierzu allgemein unter 84/UH 5610 ...), [6] und [7] beschäftigen sich vor allem mit der Optik.*