

# HeNe-Laser

Versuch 61

Marcel Kebekus  
marcel.kebekus@tu-dortmund.de

Konstantin Mrozik  
konstantin.mrozik@tu-dortmund.de

Abgabe: 21. September 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
1.1	Funktionsweise eines Lasers . . . . .	3
1.2	Zwei-Niveau-System . . . . .	3
1.3	Der Resonator . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Durchführung</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>5</b>

## Ziel

Im folgenden Versuch soll die Eigenschaften eines Lasers untersucht werden. Dazu wird unter anderem die Wellenlänge, die Polarisation, das Modenspektrum und die Intensitätsverteilung in der Ebene senkrecht zur Ausbreitungsrichtung betrachtet. Geprüft wird Stabilitätsbedingung des Resonators, 2 TEM-Moden des Lasers, sowie die Beugung an einem Strichgitter.

## 1 Theorie

### 1.1 Funktionsweise eines Lasers

Ein Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) besteht grundsätzlich aus drei verschiedenen Komponenten. Diese befassen das Lasermedium, ein Resonator und eine Pumpquelle. Das Lasermedium bestimmt dabei durch optische Übergänge das Strahlenspektrum des Lasers, sodass dieser monochromatisches Licht hoher Intensität und Kohärenz erreicht. Der Resonator bildet die Grundlage für eine selbstanregende Oszillation, sodass eine optische Rückkopplung des ausgestrahlten Laser entsteht und somit wiederholt durch das Lasermedium geleitet wird. Energie wird dem System über die Pumpquelle hinzugefügt, sodass es zur einer Inversion kommt. Umfassend lässt sich sagen, dass das Strahlungsfeld in jener Art und Weise mit dem Lasermedium wechselwirkt, sodass das einfallende Licht verstärkt wird.

### 1.2 Zwei-Niveau-System

Zunächst wird das Zwei-Niveau-System betrachtet. Auch wenn sich dieses für den Laser nicht nutzen lässt, soll zunächst zum Verständnis der Zustandssysteme beitragen.

Bei dem Helium-Neon-Laser handelt es sich um einen Gasentladungslaser. Das enthaltende Medium hat dabei zwei mögliche Energiezustände  $E_1$  und  $E_2$  in denen sich jeweils  $N_1$  und  $N_2$  Teilchen befinden (Besetzungszahl). Durch die Pumpquelle können die Teilchen nun auf das höhere Energieniveau  $E_2$  angeregt werden. Folgende drei Prozesse, dargestellt in Abbildung 1 können dabei auftreten.

#### Anregung durch Absorption

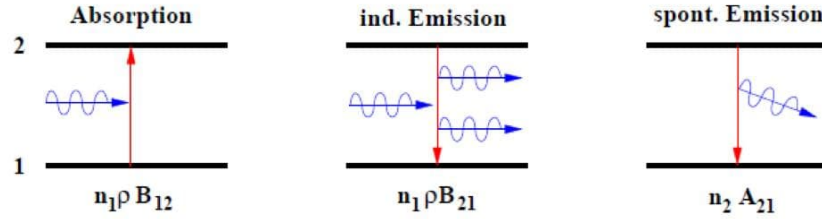
Dabei bringt ein Photon, welches mindestens die Energie  $\Delta E = E_2 - E_1$  besitzt, das Teilchen vom Grundzustand in den angeregten Zustand.

#### Spontane Emission

Das angeregte Atom emittiert spontan ein Photon in beliebige Richtung und kehrt somit in den Grundzustand zurück.

## Induzierte Emission

Ein Photon mit der Energie zwischen angeregtem Zustand und Grundzustand löst einen Übergang im Medium aus. Das entstehende stimulierte Photon bewegt sich in die selbe Richtung, bei gleicher Energie, Phasenlage und Polarisation.



**Abbildung 1:** Absorption und Emission schematisch dargestellt für ein Strahlungsfeld  $\rho(\nu)$  in einem Zweizustandssystem [anleitung]

Für die absorbierten und emittierten Photonen gilt  $\omega = \frac{\Delta E}{\hbar}$  und die Differenz  $\Delta N$  bezeichnet man als Inversion. Durch die Anregung folgt eine zeitliche Änderung der Besetzungszahlen  $N_1$  und  $N_2$ , die sich schreiben lassen als

$$\frac{dN_1}{dt} = -N_1\rho B_{12} + N_2\rho B_{21} + N_2A_{21} \quad (1)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = +N_1\rho B_{12} - N_2\rho B_{21} - N_2A_{21} = -\frac{dN_1}{dt}. \quad (2)$$

Dabei spiegelt  $A_{21}$  den Einsteinkoeffizienten für spontane Emission,  $B_{12}$  für Absorption und  $\rho$  die spektrale Strahldichte im Resonator wieder. Da gilt

$$N = N_1 + N_2, \quad (3)$$

$$\Delta N = N_2 - N_1, \quad (4)$$

$$B_{12} = B_{21} := B, \quad (5)$$

$$A_{21} := A, \quad (6)$$

folgt somit

$$\frac{d\Delta N}{dt} = -2B\rho\Delta N + AN - A\Delta N. \quad (7)$$

Da aufgrund des thermischen Gleichgewichtes (Maxwell-Boltzmann-Verteilung) mehr Teilchen den Grundzustand besetzen und somit maximal eine Gleichbesetzung der beiden Energiezustände erreicht werden kann, lässt sich ein Laser durch ein Zweizustandssystem nicht realisieren. Kurz gesagt, es lässt sich keine Inversion (angeregter Zustand liegt öfter vor als Grundzustand) erreichen. Dies ist allerdings notwendig, damit die stimulierte Emission häufiger als die induzierte Emission auftritt und somit die gewünschte Verstärkung des Strahlungsfeldes auftritt. Sodass eine permanente Energiezufuhr durch das Pumpen nötig ist.

### 1.3 Der Resonator

Da die gewünschte Verstärkung exponentiell von der Länge des Laufweges im aktiven Lasermedium abhängt, ist die Nutzung eines optischen Resonators sinnvoll. Realisiert wird dieser durch zwei sich gegenüberliegenden totalreflektierenden (geringe Transmission) Spiegeln (dargestellt in Abbildung 2).

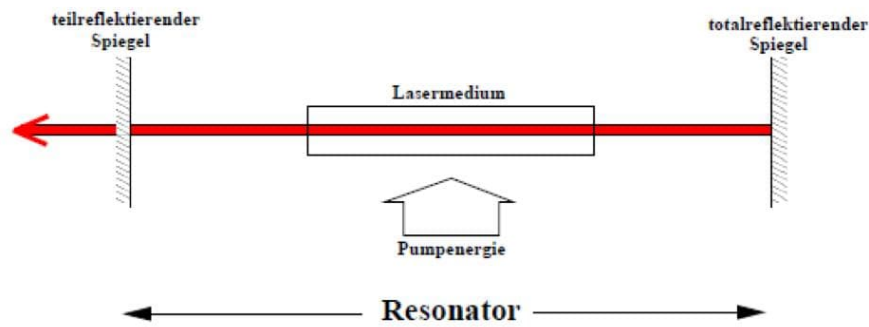


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Resonators mit zwei totalreflektierenden Spiegeln [anleitung].

## 2 Durchführung

## 3 Auswertung

## 4 Diskussion