

FP-2024 - Versuch V61

He-Ne Laser

Jan Oppoli

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung	2
2	Theorie	2
2.1	Aufbau eines Lasers	2
2.2	Entstehung von Laserstrahlung	2
2.3	Eigenschaften von Laserstrahlung	3
2.4	Funktionsweise eines He-NeLasers	3
3	Aufbau	3
3.1	Laserrohr und Resonator	4
3.2	Spiegel	4
3.3	Messkomponenten	4
4	Durchführung	4
4.1	Justageprozess	4
5	Auswertung	4
6	Diskussion	4
7	Literaturverzeichnis	4
8	Anhang	5

1 Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Versuchs ist es, die Funktionsweise eines Helium-Neon-Lasers zu untersuchen, indem dieser justiert und anschließend die entstehende Strahlung in ihren Eigenschaften vermessen wird. So werden Erkenntnisse über Charakteristika wie Wellenlänge, Intensitätsverteilung und Polarisation gewonnen. Des weiteren wird untersucht, inwieweit die Stabilität des Strahls von Resonatorlängen und der Art der verwendeten Spiegel abhängt.

2 Theorie

Nachdem zunächst auf den Grundlegenden Aufbau eines Lasers und die Einzelheiten des Entstehungsprozesses von Laserstrahlung und relevante charakteristische Eigenschaften der Wellen eingegangen wird, folgt mit diesem Wissen eine Einführung in die Funktionsweise des verwendeten He-Ne-Lasers.

2.1 Aufbau eines Lasers

Im wesentlichen besteht ein Laser aus drei Komponenten: dem **aktiven Medium**, der (selektiven) **Energiepumpe** und dem **Resonator**.

Das Aktive Medium ist ein Material, welches unter speziellen Vorraussetzungen die Fähigkeit besitzt, die Intensität von durchlaufendem Licht zu verstärken. Dies geschieht, da Atome in solchen Konfigurationen angeregt werden, die induzierte Emission von Photonen wahrscheinlicher als Absorption für bestimmte Frequenzen werden lassen (siehe Entstehung von Laserstrahlung). Die Energiepumpe liefert die nötige Energie um die Atome in die gewünschten angeregten Zustände zu heben. Erst durch sie kann der Laserbetrieb ermöglicht werden.

Der Resonator, typischerweise bestehend aus zwei Spiegeln, sorgt dafür, dass das Licht mehrmals das aktive Medium durchläuft indem er es hin- und herreflektiert. So kann die Verstärkung der Intensität signifikant genutzt werden, um einen stabilen Strahl zu konstruieren. Diese Energie des Laserstrahls wird zu einem großen Teil im Resonator in wenigen Resonatormoden gespeichert, was zu einer hohen Strahlungsdichte in ausgewählten Wellenlängen führt.[1]

2.2 Entstehung von Laserstrahlung

Durch die dem System mittels der Pumpe hinzugeführte Energie werden die Atome des aktiven Mediums von ihrem Grundzustand in verschiedene höher gelegene Energieniveaus gehoben. Sei etwa k ein energetisch höherer quantenmechanischer Zustand des Atoms als ein mit ihm durch einen erlaubten Übergang verbundener Zustand i , so würde im thermischen Gleichgewicht für die Besetzungszahlen der Zustände $N_i > N_k$ gelten. Die erwähnte selektive Energiezufuhr führt nun dazu, dass wie in Abbildung 1 dargestellt, sich die Besetzungsverteilung verändert, es tritt **Besetzungsinversion** auf.

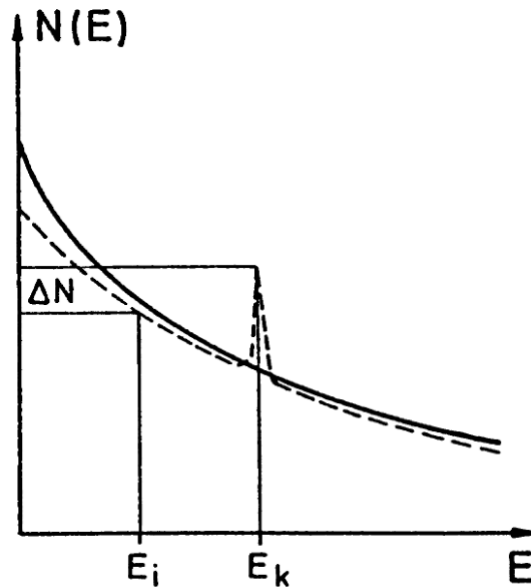


Abbildung 1: Thermische Besetzungsverteilung (durchgezogen) und Inversion (gestrichelt)[1]

Trifft ein Photon der Frequenz $\nu = \frac{E_k - E_i}{h}$ auf ein angeregtes Atom oder Molekül der Energie E_k , so kann es dieses dazu veranlassen in den tieferen Zustand E_i überzugehen unter Emission eines Photons derselben Frequenz und Richtung.

2.3 Eigenschaften von Laserstrahlung

2.4 Funktionsweise eines He-NeLasers

3 Aufbau

Wie in Abbildung 2 zu sehen, besteht der Versuchsaufbau aus einem Laserrohr, welches mit dem aktiven Medium, einem He-Ne-Gasgemisch gefüllt ist, dem Resonator in Form von zwei Spiegeln und einem Justierlaser mit der Wellenlänge $\lambda = 523 \text{ nm}$ inklusive Blende zur Justage des Hauptlasers.

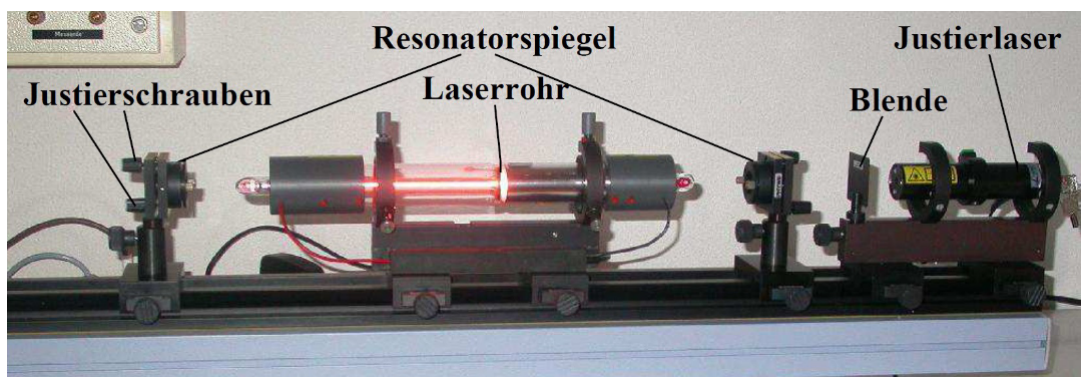


Abbildung 2: Komponenten und Komposition des Verwendeten He-Ne-Lasers[2]

3.1 Laserrohr und Resonator

Im Laserrohr der Länge $l = 408\text{ cm}$ und des Durchmessers $d = 1,1\text{ mm}$ bilden Elektroden die Energiepumpe, um für eine Inversion des Gasgemischs zu sorgen und die Enden sind mit Brewsterfenstern zur Selektion einer Polarisationsrichtung versehen. Am Laserrohr sowie den Resonatorspiegeln befinden sich Justierschrauben, welche die Ausrichtung und somit die stabile Funktion des Lasers ermöglichen.

3.2 Spiegel

Die zur Verfügung stehenden Spiegel können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Mögliche Spiegel im Versuchsaufbau und Eigenschaften dieser[2]

Spiegel	Bezeichnung	Oberflächenbeschaffenheit
plan	flat/flat	HR (high reflectivity) $R \geq 99\%$
konkav	$r=1000\text{ mm}/\text{flat}$	HR (high reflectivity) $R \geq 99\%$
konkav	$r=1400\text{ mm}/\text{flat}$	HR (high reflectivity) $R \geq 99\%$
konkav	$r=1400\text{ mm}/\text{flat}$	OC (out coupling) $T=1.5,\dots 1.8\%$

3.3 Messkomponenten

Zusätzlich werden verschiedene Komponenten wie Photodioden, Gitter, Mikrometerschrauben und Polarisatoren zur Erfassung verschiedener Strahlungseigenschaften verwendet.

4 Durchführung

Zunächst wird der Justageprozess dokumentiert, da dieser mehrfach Verwendung findet, anschließend werden die Verschiedenen Messmethoden erläutert.

4.1 Justageprozess

5 Auswertung

6 Diskussion

7 Literaturverzeichnis

- [1] Wolfgang Demtröder. *Laserspektroskopie: Grundlagen*. 6. Aufl. Bd. 1. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. ISBN: 978-3-642-21448-9.
- [2] TU Dortmund Fakultät Physik. *Anleitung zu Versuch 18 - Germaniumdetektor*. 2024.

8 Anhang