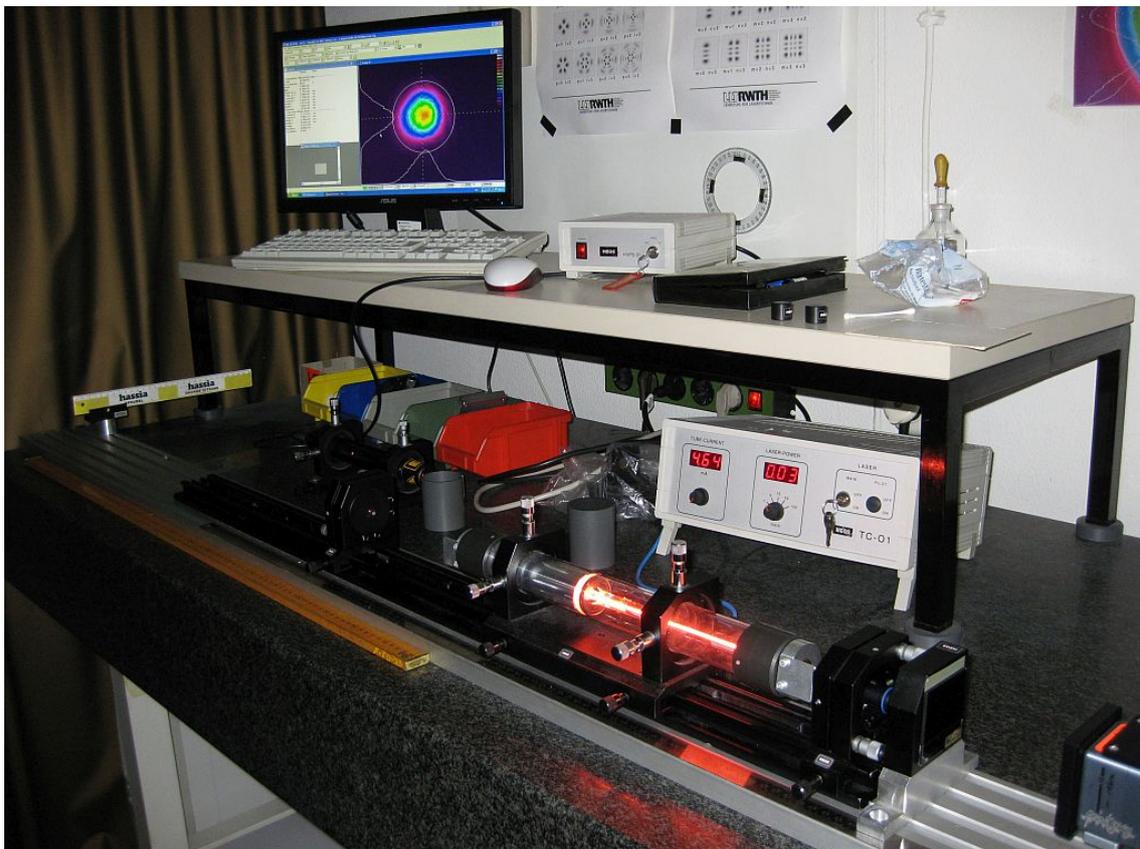


HeNe-Laser

Lernziele:

- Anregung durch Stoßprozesse.
- Stabiler und instabiler Laserresonator, transversale Moden.
- Frequenzspektrum des Resonators und Justierung eines Resonators.
- Laserstrahlgeometrie.



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|---|
| 1. Vorkenntnisse | 1 |
| 2. Vorbericht | 2 |
| 3. Versuchsdurchführung | 4 |
| 3.1 Betrachtung des Emissionsspektrums von He und Ne | 4 |
| 3.2 Justieren des HeNe Lasers | 4 |
| 3.3 Bestimmung der maximalen Resonatorlänge | 5 |
| 3.4 Messung des Laserstrahldurchmessers | 5 |
| 3.5 Laserstrahldurchmessers in Abhängigkeit vom Abstand | 5 |
| 3.6 Betrachtung von transversalen Moden | 6 |
| 3.7 Untersuchung der anschwingenden Laserwellenlängen | 6 |
| Literaturverzeichnis | 8 |

1. Benötigte Vorkenntnisse

- 1.) Geometrie eines Laserstrahls: Taille, Divergenz, Strahlradius, Krümmung der Wellenfronten des Laserstrahls, Rayleigh-Länge
- 2.) Stabilitätsbedingung für Laserresonatoren
- 3.) Funktion von Brewster-Fenstern
- 4.) Funktion von Beugung an einem Gitter
- 5.) Doppelbrechung

2. Vorbericht

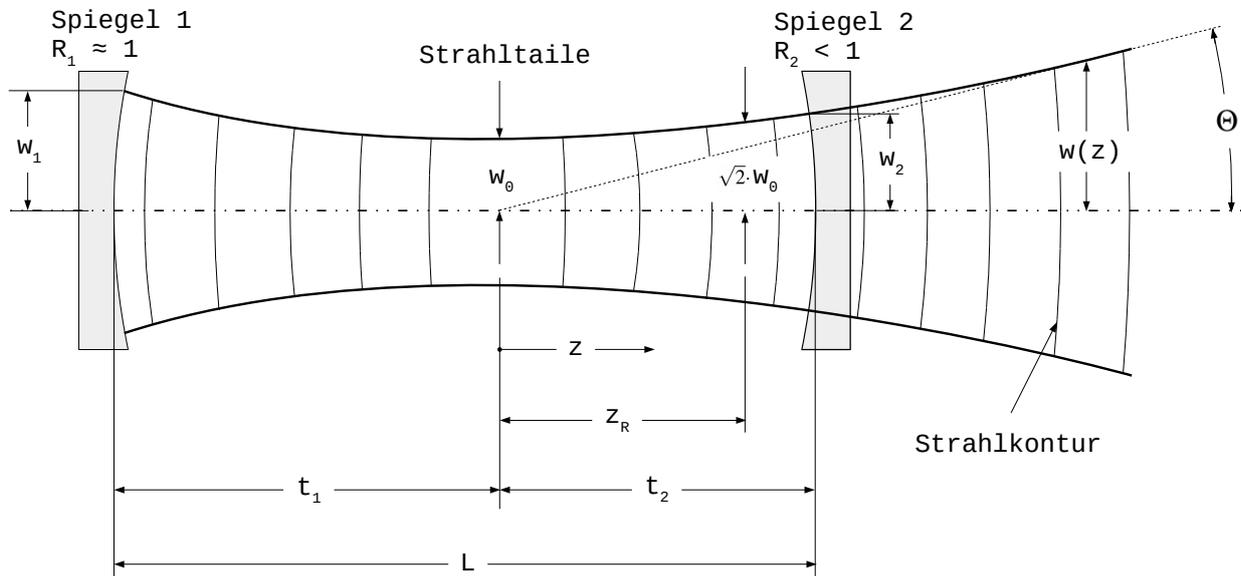
Das aktive Medium eines HeNe-Lasers besteht aus einem Gasgemisch von Helium- und Neonatomen, wobei die Laserübergänge im Neonatom stattfinden. Die dafür nötige Pumpenergie wird dem Gasgemisch mit Hilfe einer elektrischen Gasentladung zugeführt.

- a.) Beschreiben Sie den Pumpprozess eines HeNe-Lasers. Wie erfolgt die Übertragung der Pumpenergie auf die Neonatome?
- b.) Wie erfolgt die Entleerung des unteren Laserniveaus? Welchen Einfluss hat dies auf den geometrischen Aufbau des Lasers?

In dem Versuch verwenden Sie u. a. einen Resonatorspiegel mit dem $R_1 = 700 \text{ mm}$ und einen ebenen Spiegel ($R_2 = \infty$) als Auskoppelspiegel.

- c.) Wie groß dürfen Sie die Resonatorlänge L maximal wählen, bevor das System instabil wird?
- d.) Welchen Taillendurchmesser ($2 \cdot w_0$) und welchen Durchmesser ($2 \cdot w_2$) am planen Spiegel hat der Laserstrahl bei einer Resonatorlänge von $L = 410 \text{ mm}$?
- e.) Berechnen Sie die Laserstrahldurchmesser für die Abstände $z = 100 \text{ mm}$ bis 500 mm , alle 50 mm . Diese werden für die Auswertung benötigt!

Strahlgeometrie des Grundmodes (Gauß'scher Strahl):



Resonatorparameter: $g_i = 1 - \frac{L}{R_i}$, mit $i = 1, 2$ (1)

Stabilitätskriterium: $0 \leq g_1 \cdot g_2 \leq 1$ (2)

Strahtaille: $w_0 = \left(\frac{L \cdot \lambda}{\pi} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{g_1 g_2 (1 - g_1 g_2)}{(g_1 + g_2 - 2g_1 g_2)^2} \right)^{1/4}$ (3)

Rayleigh-Länge: $z_R = \frac{w_0^2 \pi}{\lambda}$ (4)

Lage der Strahlteile: $t_1 = \frac{g_2 (1 - g_1) L}{g_1 + g_2 - 2g_1 g_2}$, $t_2 = L - t_1$ (5)

Strahlradius am Spiegel 1: $w_1 = \left(\left(\frac{L \cdot \lambda}{\pi} \right)^2 \frac{g_2}{g_1} \frac{1}{1 - g_1 g_2} \right)^{1/4}$ (6)

Strahlradius am Spiegel 2: $w_2 = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} \cdot w_1$ (7)

Strahlradius: $w(z) = w_0 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_R} \right)^2}$ (8)

Divergenzwinkel: $\Theta = \frac{\lambda}{\pi w_0}$ (9)

3. Versuchsdurchführung

3.1 Betrachtung des Emissionsspektrums von He und Ne

Setzen Sie das Entladungsrohr des HeNe Lasers auf die optische Bank und schalten Sie die Entladung ein. Alle anderen optischen Komponenten sind entfernt. Betrachten Sie die Entladung durch das beiliegende holographische Gitter.

Aufgabe:

Beschreiben Sie qualitativ das Emissionsspektrum der Entladung.

3.2 Justieren des HeNe Lasers

Für den Versuch stehen 4 Resonatorspiegel zur Verfügung:

- VIS1000: Spiegel mit Krümmungsradius 1000 mm.
- VIS 700: Spiegel mit Krümmungsradius 700 mm.
- VISPLAN: Planer Spiegel mit großem Reflektionsgrad.
- VISOUT: Planer Spiegel mit kleinerem Reflektionsgrad.

Bauen Sie den Laserresonator wie folgt auf:

Schalten Sie den Justierlaser ein, und justieren Sie die ausgeschaltete Entladungsröhre so, dass in ihr möglichst wenig Reflektionen auftreten. Nehmen Sie dann die Entladungsröhre vorsichtig von der Schiene und justieren Sie den rechten Resonatorspiegel VISOUT so, dass der reflektierte Justierlaserstrahl wieder symmetrisch in den Justierlaser zurückläuft. Danach verfahren Sie genauso mit dem linken Resonatorspiegel VIS700.

Schalten Sie das Entladungsrohr ein. Beim Wackeln am linken Spiegel VIS700 sollte nun ein Laserstrahl auftreten. Der Resonator muss nun durch Nachjustieren auf größte Laserstrahlintensität optimiert werden.

3.3 Bestimmung der maximalen Resonatorlänge

Vergrößern Sie nun die Resonatorlänge durch Verschieben des linken Spiegels VIS700 so lange, bis kein Laserstrahl mehr auftritt. Notieren Sie die maximale Länge, bei der der Laser gerade noch arbeitet.

Aufgabe:

Vergleichen Sie die Messung mit dem aus Punkt c.) des Vorberichts berechneten Wert.

3.4 Messung des Laserstrahldurchmessers

Plotten Sie für eine beliebige Resonatorlänge und Abstand von der Kamera die Intensitätsverteilung mit einer angepassten Gauss-Kurve aus (Betreuer fragen!).

Aufgabe:

Bestimmen Sie anhand des Plots den Durchmesser d des Laserstrahls.

3.5 Laserstrahldurchmessers in Abhängigkeit vom Abstand

Messen Sie für eine Resonatorlänge von 410 mm die Laserstrahldurchmesser an den im Vorbericht unter Punkt e.) aufgeführten Orten. Um zu gewährleisten, dass der Laser im reinen Gaußmode (Grundmode) schwingt, muss nach jedem Verschieben so **nachjustiert** werden, dass die gemessenen Durchmesser in x- und y-Richtung nahezu gleich sind. (Hauptsächlich durch Drehen an der oberen Schraube des linken Resonatorspiegelhalters).

Aufgabe:

Berechnen Sie für jeden Abstand z den Mittelwert des Laserstrahldurchmessers $\bar{d}(z)$. Tragen Sie die Mittelwerte $\bar{d}(z)$ und die theoretischen Werte aus dem Vorbericht in ein Diagramm (x-Achse: Abstand z , y-Achse: Strahldurchmesser) ein. Kommentieren Sie das Ergebnis.

3.6 Betrachtung von transversalen Moden

Ersetzen Sie den rechten Spiegel VISOUT durch VIS1000, da mit diesem Spiegel transversale Moden leichter anschwingen. Wählen Sie ein möglichst kleines L. Versuchen Sie durch feinfühliges Verstellen an den Spiegelschrauben verschiedene transversale Moden zu erzeugen. Plotten Sie die auftretenden Modenbilder.

Setzen Sie nun den Halter mit der $15\ \mu\text{m}$ Kevlarfaser zwischen den Spiegel VIS700 und der Laserröhre in den Resonator. Führen Sie die Faser durch den Strahl. Plotten Sie die auftretenden Modenbilder.

Aufgabe:

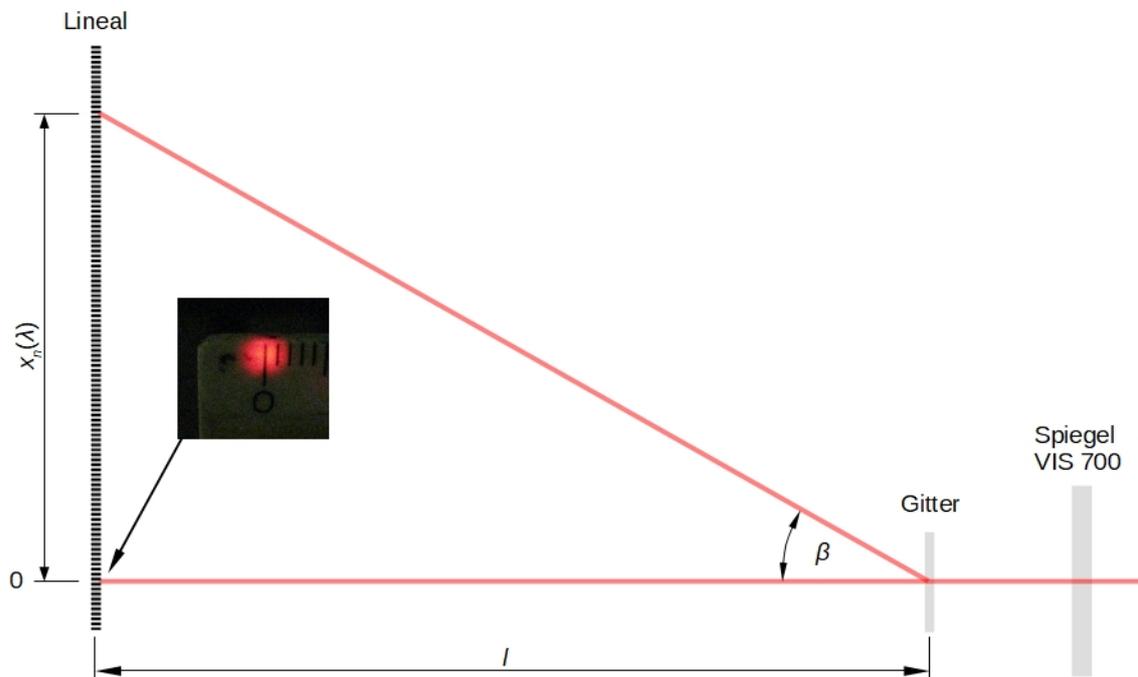
Geben Sie die Bezeichnungen für die geplotteten transversalen Moden an.

3.7 Untersuchung der anschwingenden Laserwellenlängen

Setzen Sie den doppelbrechenden Quarzkristall links zwischen Entladungsröhre und dem Resonatorspiegel VIS700. Drehen Sie den Kristall in den Brewster-Winkel durch Drehung um die vertikale Achse. Stellen Sie das holographische Gitter hinter den linken Resonatorspiegel. Wählen Sie am Netzgerät die kleinste Laserleistung (linker Anschlag). Sie sehen nun auf dem Lineal hinter dem Gitter die 0. und 1. Ordnung der am Gitter gebeugten Laserstrahlung. Verschieben Sie das Lineal in dem Halter so, dass der Nullpunkt und die 0. Beugungsordnung zusammenfallen. Danach wird in den Strahlengang der 0. Ordnung ein Photodetektor eingebracht. Hiermit kann die rel. Leistung der anschwingenden Laserlinie bestimmt werden.

Durch vorsichtiges Drehen der doppelbrechenden Platte am seitlichen Stift sollte es möglich sein, Laseroszillationen von zwei oder drei weiteren roten und einer orangen Spektrallinie anschwingen zu lassen. Sie sollten zwischen den Schritten immer wieder den Resonator nachjustieren. Saubere Oberflächen sind für eine Laseroszillation auf der orangefarbenen Spektrallinie wesentlich. Messen Sie die für die Wellenlängenbestimmung notwendigen Längen.

Die Messanordnung zeigt die folgende Skizze:



Aufgabe:

Berechnen Sie mit Hilfe der Gittergleichung die Wellenlängen der Spektrallinien:

$$\sin\beta = m \cdot \frac{\lambda}{a} \quad (10)$$

mit

- β - Beugungswinkel
- m - Beugungsordnung, $m = 1, 2, 3, \dots$
- λ - Wellenlänge
- a - Abstand der Gitterlinien

Bestimmen Sie aus der Messung mit der Hauptlinie $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ den Abstand a der Gitterlinien. Berechnen Sie dann für die restlichen Messungen mit diesem a die anschwingenden Laserwellenlängen.

Stellen Sie diese berechneten Wellenlängen und die dazugehörigen theoretischen Wellenlängen (siehe Skript) in einer Tabelle zusammen.

Literaturverzeichnis

- [1] K. Jansen, Vorlesungsskript Lasertechnik, Frankfurt University of Applied Sciences.
- [2] W. Luhs, Versuchsanleitung, Photonik Ingenieurbüro Dr. Walter Luhs.