

Versuch 2.6

Laser-Grundversuch

Stand 10.2024

1 Einführung

Auch wenn der HeNe-Laser immer mehr von anderen Lasertypen verdrängt wird, ist das Verständnis der Vorgänge in einem Gaslaser grundlegend für alle anderen Lasertypen. Beim Lasergrundversuch erhalten Sie die Gelegenheit, die grundsätzliche Funktionsweise und die Prinzipien der Physik eines Lasers kennen zu lernen. Dafür steht ein Experimentierlaser zur Verfügung, bei dem Eingriffe in den Resonator vorgenommen werden können, um auf sein Modenverhalten einzuwirken. Zudem kann das Laserlicht mit einem Fabry-Perot-Spektrometer analysiert und das Frequenzspektrum dargestellt werden. Außerdem lässt sich der Stabilitätsbereich und Modenstrukturen durch Veränderung der Resonator-Konfiguration bestimmen.

2 Literatur

- a) Demtröder Experimentalphysik 3 (Atome, Moleküle und Festkörper)
- b) Principles of Lasers von O. Svelto
- c) H. Weber / G. Herziger. Laser – Grundlagen und Anwendungen
- d) Quantum Electronics von A. Yariv
- e) Optik – Eine Einführung von Pedrotti
- f) W. Luhs, MEOS GmbH: „Experiment 06 - Helium Neon Laser“, Semesterapparate



Sicherheitshinweise:

Der Pilotlaser in diesem Versuch und der Experimentierlaser (je nach Justierung) sind Klasse 3B-Laser. Daher Achtung:

LASERSTRAHLUNG

Bei diesem Versuch tritt Laserstrahlung auf, die Augenschäden verursachen kann. Daher dürfen die Justierarbeiten und Messungen nur mit Laserschutzbrillen bzw. Justierbrillen durchgeführt werden.

3 Inhalt des Vorgesprächs / Fragen zur Selbstkontrolle

Quantentheorie des Atoms

- Emission und Absorption
- Einsteinkoeffizienten und Boltzmannverteilung

Lasermedium

- Besetzungsinversion,
- Induzierte Emission,
- 2-, 3- und 4-Niveaulaser
- Ratengleichungen
- Verstärkungsprofil
- Linienbreiten

HeNe-Laser

- Energieniveauschema, Laserübergänge
- Laserbedingung

Resonator

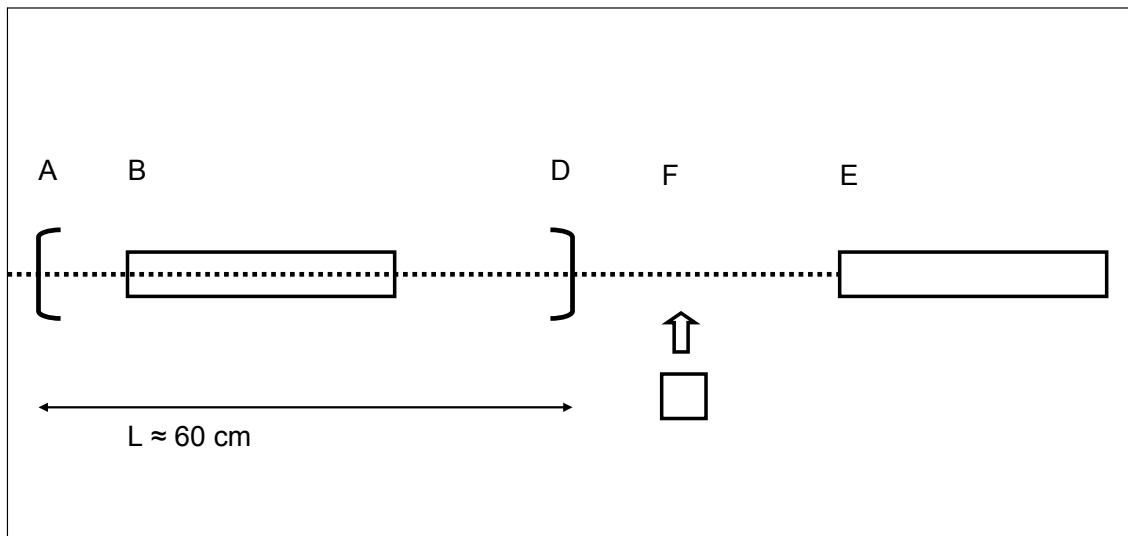
- Lasermode (longitudinalmoden, transversalmoden)
- Abstand axialer Moden, Monomodebetrieb
- Freier Spektralbereich
- Amplitudenverteilung der Transversaler Moden
- Stabilitätsbereiche

Optische Bauteile

- Brewsterfenster
- Littrow Prisma
- doppelbrechendes Filter (birefringent Tuner, BFT)
- Fabry Perot (Etalon)

4 Versuchsdurchführung

4.1 Grundjustage



- A Planspiegel oder sphärischer Spiegel ($R=70\text{ cm}$)
- B HeNe-Entladungsrohr
- D sphärischer Spiegel ($R=100\text{ cm}$)
- E Pilot Laser
- F Photodiode

Zentrieren Sie das Entladungsrohr B zum Strahl aus dem Pilotlaser E. Justieren Sie die Spiegel A und D, so dass der Strahl vom Pilotlaser in sich zurück reflektiert. Wenn der Experimentierlaser (ABD) angeschwungen ist, setzen Sie die Photodiode F ein. Optimieren Sie den Laser auf maximale Ausgangsleistung. Nutzen Sie dafür „Beamwalking“!

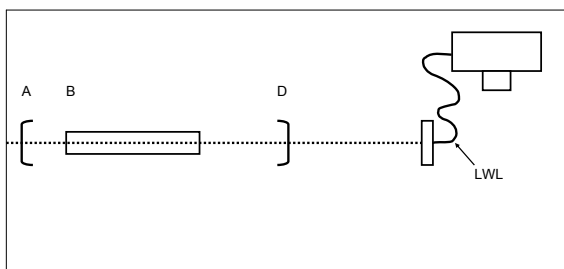
Nehmen Sie sich für diesen Punkt viel Zeit. Es erleichtert die späteren Justierarbeiten erheblich. Putzen Sie gegebenenfalls (bei zu geringer Ausgangsleistung) die Laserspiegel.

Messung der Ausgangsleistung:

Der HeNe-Ausgangsleistung wird mit Leistungsmessgeräte (Powermeter) gemessen. Bei optimaler Justage und sauberen optischen Komponenten (beide Spiegel und Brewsterfenster des HeNe-Rohres) entspricht die Ausgangsleistung etwa $200\text{ }\mu\text{W}$ bei einer Resonatorlänge von etwa 60 cm und Strom von 5.0 mA .

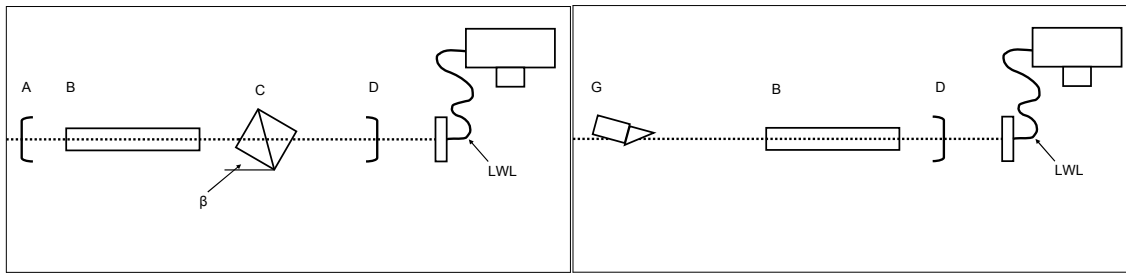
4.2 Spektrale Eigenschaften des Lasers

4.2.1 Wellenlängenbestimmung



Bestimmen Sie mit Hilfe eines Spektralapparates die Wellenlänge des HeNe-Lasers.

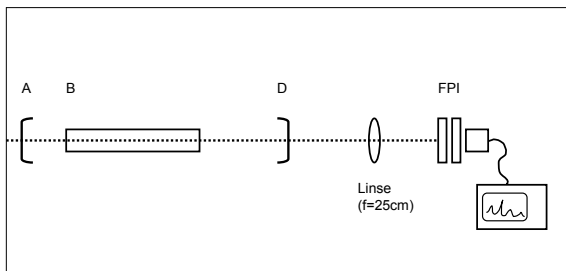
4. 2.2 Wellenlängenselektion mit doppelbrechendem Filter oder Littrowprisma



Setzen Sie den doppelbrechenden Filter unter den Brewster-Winkel in den Laserresonator ein und optimieren Sie die Laserleistung. Überprüfen Sie mit dem Powermeter die Laserleistung, weil dieser Teil des Versuchs mit geringer Leistung auf keinen Fall funktioniert. Bestimmen Sie mit Hilfe des Spektralapparates die Wellenlängenänderung. Interpretieren sie die beobachteten Wellenlängenänderungen.

Wiederholen Sie die Messungen mit dem Littrowprisma.

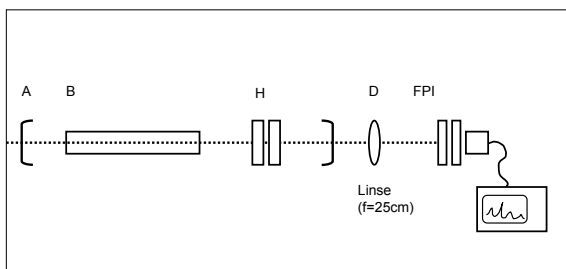
4.2.3 Messung der longitudinalen Moden:



Der Laserstrahl wird mittels einer langbrennweitigen Linse ($f=25\text{cm}$) auf dem FPI fokussieren. Beobachten Sie das FPI-Signal auf dem computer. Sie dürfen die Schrauben am FPI vorsichtig optimieren, aber nur dann, wenn ein Signal zu sehen ist. Nehmen Sie das Spektrum auf.

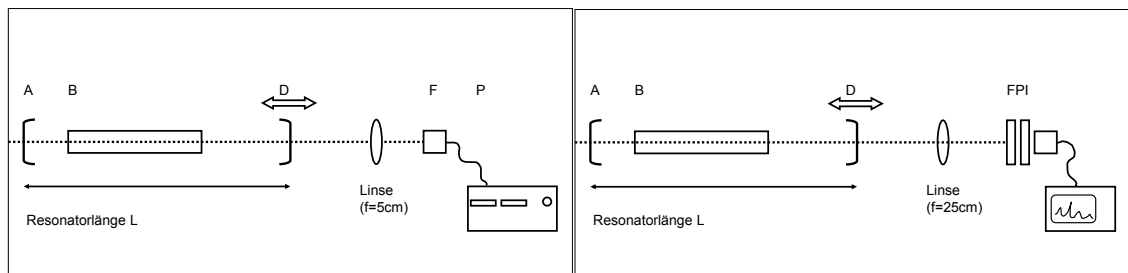
Der Abstand des FPI beträgt 5 cm

4.3 Single Mode Betrieb mit Etalon



Beobachten Sie wie sich das Frequenzspektrum nach Einbau des Etalon (H) verhält. Dokumentieren Sie die Beobachtungen.

4.4 Bestimmen des Stabilitätsbereiches

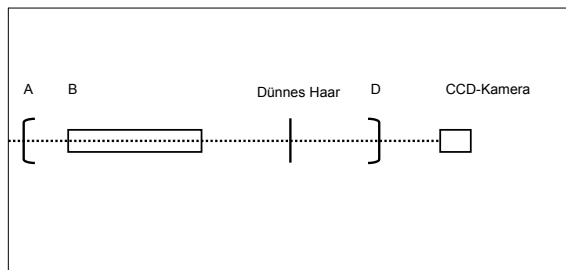


Messen Sie mit dem Powermeter die Ausgangsleistung und mit dem scannenden konfokalen FP-Interferometer das Spektrum des HeNe-Lasers, als Funktion der Resonatorlänge L .
($\approx 40 \text{ cm} < L < \approx 100 \text{ cm}$)

Verschieben Sie dazu den Spiegel D in kleinen Schritten. Nach jeder Verschiebung ist die Laserausgangsleistung erneut zu optimieren. Vergleichen Sie ihre Messergebnisse mit den theoretischen Vorhersagen anhand des Stabilitätsdiagramms!

Interpretieren Sie die Messergebnisse. Falls Sie etwas Unerwartetes beobachten, können Sie ruhig mehrere Spektren aufnehmen und diese im Bericht diskutieren.

4.5 Beobachtung transversaler Moden



Ersetzen Sie die Plan-Resonatorspiegel mit $R=700$ und stellen Sie die Resonatorlänge auf 110 cm ein. Stellen Sie die CCD-Kamera ohne Objektiv in den Strahlengang. Damit können Sie die räumliche Intensitätsverteilung des Laserstrahls aufnehmen. Falls die CCD-Kamera übersättigt ist, was auf dem Bildschirm anhand der auffälligen Verzerrungen leicht zu erkennen ist, können Sie den Strahl mit einem Graufilter abschwächen. Wenn Sie keine transversalen Moden erkennen, können Sie sie, indem Sie ein dünnes Haar in den Resonator einbringen, erzwingen. Nehmen Sie Intensitätsverteilungen der beobachteten Moden auf. Erklären Sie die Erzeugung von höheren transversalen Moden. Nehmen Sie das Strahlprofil auf (*.bmp oder *.tiff).

5 Auswertung

Zu 4.2.3

Berechnen Sie

- .den axialen Modenabstand des Resonators
- .den freien Spektralbereich im konfokalen FP-Spektrometer mit 5 cm Spiegelabstand
- .vergleichen Sie die Messergebnisse

Zu 4.5

Beschreiben Sie die Intensitätsverteilung der TEM00 und TEM01-Mode und vergleichen Sie sie mit den Messungen.

Zu 4.4

Berechnen Sie den Stabilitätsbereich des Resonators in Abhängigkeit von der Resonatorlänge und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem gemessenen Bereich.

Tragen Sie die Abhängigkeit des Modenabstandes von der Resonatorlänge auf und vergleichen Sie sie mit der Theorie.