

Physikalisches Fortgeschrittenenpraktikum

Laserspektroskopie

Es wird die resonante Streuung elektromagnetischer Strahlung an "freien Cs-Atomen" (Gas) untersucht. Zur Anregung der atomaren Übergänge wird ein Diodenlaser verwendet.

Literatur

Spektroskopie (allgemein)

I.I. Sobelmann: Atomic Spectra and Radiative Transitions; Springer, 1979

U. Condon / W. Shortley: Theory of Atomic Spectra; Cambridge Univ. Press, 1967

W. Demtröder: Laser Spectroscopy; Springer, 1982

Laserphysik

F. Kneubühl / M. Sigrist: Laser; Teubner, 1991

Laserdioden

K.J. Ebeling: Integrierte Optoelektronik; Springer, 1989

Geräte und Zubehör

- Laserdiode mit Stromquelle und Temperaturregelung
- Optischer Spektrumanalysator (konfokales Fabry-Perot-Etalon)
- Optische Diode (Faraday-Rotator)
- Detektor (Photodiode) mit Verstärkerelektronik
- IR-empfindliche CCD-Kamera mit Monitor
- Digitales Oszilloskop zur Datenaufnahme (bitte USB-Stick mitbringen)
- div. Spiegel, polarisationsabhängiger Strahlteiler, $\lambda/2$ -Wellenplättchen, Graufilter

Zur Vorbereitung

- **Feinstruktur und Hyperfeinstruktur der Atomspektren**
- Zeeman-Aufspaltung
- Dipolübergänge, Übergangs-Matrixelemente
- **Sättigungseffekte, optisches Pumpen, Besetzungsinversion**
- **Linienbreiten von Spektrallinien, Mechanismen der Verbreiterung**
- Doppelbrechung (in Bezug auf verwendete Bauteile)
- Allgemeiner Aufbau und Funktion eines Lasers
- **Aufbau und Funktion eines Diodenlasers, Modulation der Wellenlänge durch Stromänderung**
- Funktionsweise und wichtige Kenngrößen des konfokalen Fabry-Perot-Etalons
- Dopplerfreie Sättigungsspektroskopie

Überlegungen, die in die schriftliche Vorbereitung eingehen sollen:

1. Was bedeutet "Resonanz"?
2. Was sind die herausragenden Eigenschaften des Lasers, insbes. im Hinblick auf diesen Versuch?
3. **Welche Übergänge in Cäsium können mit der Laserdiode bei ungefähr 852nm beobachtet werden?**
4. Im Versuch ist das Streumedium atomarer Cäsiumdampf, der bei Raumtemperatur in einer Glasküvette eingeschlossen ist. Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge und die mittlere Geschwindigkeit der Cs-Atome ($T = 300\text{ K}$, $p = 100\text{ Pa}$). **Berechnen Sie die zu erwartende Dopplerverbreiterung der zu beobachtenden Übergänge. Überlegen Sie, welche Übergänge in Cs in diesem Experiment aufgelöst werden können.**

Zur Beachtung

Vorsicht mit Laserlicht, Schutzbrille tragen !

Laserdioden sind empfindlich und teuer! Das Verbindungskabel zwischen Diode und Stromversorgung auf keinen Fall lösen! Vermeiden Sie die direkte Berührung der Optik mit Ihren Händen (Verschmutzung)!

Versuchsdurchführung und Aufgaben:

1. Untersuchungen an der Laserdiode
 - 1.1. Messen Sie die - relative - Ausgangsleistung der Laserdiode als Funktion des Diodenstroms bei konstanter Temperatur
 - 1.2. Messen Sie die Linienbreite der Laserdiode mit Hilfe des Fabry-Perot-Etalons.
Hinweis: Die Frequenzabstimmung erfolgt i.d.R. über die Variation des Betriebsstroms. Falls das nicht ausreicht, kann die Temperatur verändert werden (guter Startwert: $21.4 - 21.8\text{ °C}$); beachten Sie in diesem Fall die lange Einstellzeit für einen stationären Zustand!
2. Aufnahme eines dopplerverbreiterten Absorptionsspektrums mit großem Frequenzbereich (ca. 10 GHz), Versuchsaufbau gem. Abb. 1
3. Aufnahme von dopplerverfreien Absorptionsspektren an beiden Absorptionspeaks. Dafür muss eventuell die Überlagerung von Pump- und Abfragestrahl justiert werden. Bei Resonanz ist mit der CCD-Kamera Streulicht des Strahls in der Messzelle zu sehen.
4. Legen Sie ein (axiales) Magnetfeld an die Cs-Zelle an und bestimmen Sie die Zeeman-Aufspaltung der Spektrallinien. Wie groß sind „typische“ Magnetfelder in der Messzelle?

Aufgaben

1. Welchen Übergängen in Cs entsprechen die beobachteten Absorptionslinien?
2. Erstellen Sie aus den beobachteten Linien ein Termschema von Cs.

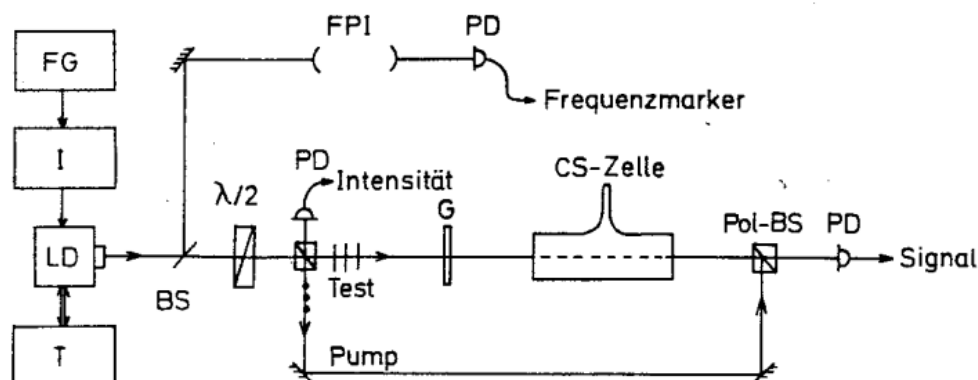


Abb. 1: Dopplerverfreie Absorptionsspektroskopie