

1 Auswertung

1.1 Bestimmung des Brechungsindex von Luft

In das Fabry-Pérot-Interferometer werden Glasküvetten der Längen 40,60 und 80 cm eingebracht, deren Innendruck mittels einer Vakuumpumpe variiert werden kann.

Der Druck wurde jeweils von 200 auf 700 Torr erhöht, wobei Δm Maxima registriert wurden. Es gilt :

$$\Delta m = \frac{2d\Delta n}{\lambda}$$

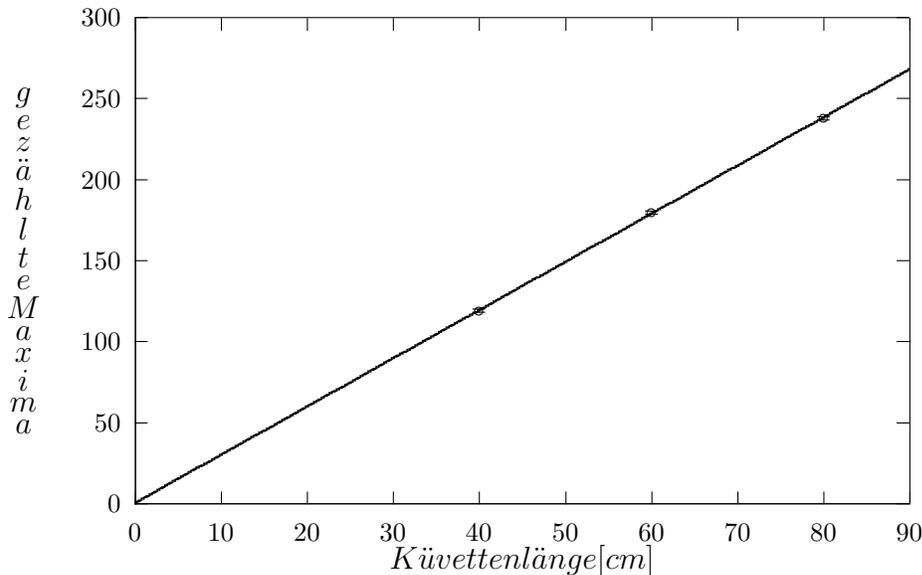


Abbildung 1: Anzahl der Maxima gegen Küvettenlänge

Für jede Küvette wurde Δm 3 mal gemessen. In der Abbildung 1 ist das arithmetische Mittel der 3 Messungen gegen die Küvettenlänge d aufgetragen. Der Fehler der Küvettenlänge wurde zu $\pm 1mm$ angenommen, der Fehler von Δm zu $\pm 1, 2$. Da ein Einzeichnen von Geraden maximaler bzw. minimaler Steigung auf Grund der geringen Fehler nicht möglich war, wurde der Fehler der Steigung mit Hilfe des Fehlers von Δm und eines geschätzten Ablesefehlers auf der Abszissenachse berechnet:

$$\begin{aligned} \frac{2\Delta n}{\lambda} &= \frac{187 \pm 1, 2}{(63, 5 \pm 0, 1)cm} \\ &= \left(2, 956 \pm 2, 956 \sqrt{\left(\frac{1, 2}{187}\right)^2 + \left(\frac{0, 1}{63, 5}\right)^2} \right) cm^{-1} \\ &= (2, 956 \pm 0, 020) cm^{-1} \end{aligned}$$

Die Breite der Laseremissionslinie ist so gering, daß der Fehler des Literaturwertes der nahen Infrarotlinie des Neons vernachlässigbar ist. Es folgt :

$$\Delta m = \frac{1,152276\mu m}{2}(2,956 \pm 0,020)cm^{-1} = (1,703 \pm 0,023) \cdot 10^{-4}$$

Mit einem Fehler des Außenluftdrucks von ± 1 Torr und jeweils ± 5 Torr für die (im Ansteigen abgelesenen) Anfangs- und Enddrücke folgt für den Brechungsindex:

$$\begin{aligned} n(p_0) &= p_0 \frac{\Delta n}{\Delta p} + 1 = (778 \pm 1)Torr \frac{(1,703 \pm 0,023) \cdot 10^{-4}}{(500 \pm 5\sqrt{2})Torr} + 1 \\ &= \left(265,0 \pm 265 \sqrt{\left(\frac{1}{778}\right)^2 + \left(\frac{0,023}{1,703}\right)^2 + \left(\frac{5\sqrt{2}}{500}\right)^2} \right) \cdot 10^{-6} + 1 \\ &= 1,0002650 \pm 0,0000052 \end{aligned}$$

Literaturwert: 1.000272 bei $20^\circ C$ für $589nm$ (!)

1.2 Messung der Wellenlängen von 2 Hauptlinien des He-Ne-Lasers

Durch Veränderung der Länge des Interferometers um ein meßbares Stück Δl mittels einer Mikrometerschraube an einem Getriebemotor durchfährt man die Resonanzkurve desselben, was zum Auftreten von Δm Intensitätsschwankungen führt. Daraus folgt:

$$\lambda = \frac{2n_{Luft}\Delta l}{\Delta m} \quad (1)$$

Durch geeignete Wahl von Detektortyp, Filter sowie in das Interferometer einzubringende Küvette ist dabei sicherzustellen, daß jeweils nur die zu messende Linie zur Resonanz gebracht und registriert wird.

Für die Messung der $633nm$ Linie hätte die stark angekoppelte ferne Infrarotlinie ($3,39\mu m$) mittels des $633nm$ bp Filters im Interferometer ausgeblendet werden sollen. Leider war letzterer nicht vorhanden, so daß uns die Messung unmöglich schien (eventuell hätte auch eine Küvette im Interferometer entsprechendes geleistet, was uns jedoch erst nach Versuchsdurchführung in den Sinn kam ...).

1.2.1 Messung der nahen Infrarotlinie

Es wurde der IR-empfindliche Detektor verwendet; zusätzlich der $633nm$ lp Filter vor dem Detektor um die $633nm$ Linie auszublenden sowie eine Küvette im Interferometer um die ferne Infrarotlinie zu blockieren.

Die Länge des Interferometers wurde um $\Delta l = 50\mu m$ variiert, dabei wurden in 3 Messungen 90, 92 und 90 Maxima registriert.

In den Fehler von Δl gehen eventuelle Ablesefehler der im Lauf abgelesenen Mikrometerschraube sowie vor allem der durch Reaktionszeit- und Positionierungsschwankungen bedingte Fehler beim Setzen der Markierungen auf dem Schreiberpapier ein. Er wird zu $\pm 1\mu m$ angenommen. Ferner gehen eventuelle Fehler beim Zählen der Maxima mit einem (in der Nähe der Standardabweichung liegenden) Fehler von $\pm 1,2$ in Δm (arithmetisches Mittel der 3 Messungen) ein. Es folgt :

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{2(1,0002650 \pm 0,0000052)(50 \pm 1)\mu m}{90,7 \pm 1,2} \\ &= \left(1,103 \pm 1,103 \sqrt{\left(\frac{1}{50}\right)^2 + \left(\frac{1,2}{90,7}\right)^2} \right) \mu m \\ &= (1,103 \pm 0,027) \mu m\end{aligned}$$

Literaturwert : $1,152276\mu m$

1.2.2 Messung der fernen Infrarotlinie

Die Messung erfolgt indirekt über die komplementäre rote ($633nm$) Linie - entsprechend wurde der rotempfindliche Detektor verwendet. Da die zugehörigen optischen Übergänge den gleichen Energieterm ($3s_2$) als Ausgangspunkt besitzen, nimmt die Intensität der roten Linie dort Minima an, wo das Interferometer eine Resonanz bezüglich der $3,39\mu m$ Linie zeigt. Da die Ankoppelung an die Infrarotlinie viel stärker ist als an die rote Linie, ist ein Ausblenden der Resonanzen letzterer durch Einfügen des $663nm$ lp Filters in das Fabry-Pérot-Interferometer nicht notwendig - die roten Resonanzen sind deshalb auf den (infraroten) Maxima noch als kleine Zacken zu erkennen.

Die Länge des Interferometers wurde um $100\mu m$ variiert, dabei wurden in 3 Messungen 60, 59 und 59 Intensitätsschwankungen registriert.

Wie in 1.2.1 wird der Fehler von Δl zu $\pm 1\mu m$ angenommen, Δm wird - als arithmetisches Mittel der 3 Messungen - wieder mit einem (in der Nähe der Standardabweichung liegenden) Fehler von $\pm 0,7$ versehen. Es folgt :

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{2(1,0002650 \pm 0,0000052)(100 \pm 1)\mu m}{59,3 \pm 0,7} \\ &= \left(3,374 \pm 3,374 \sqrt{\left(\frac{1}{100}\right)^2 + \left(\frac{0,7}{59,3}\right)^2} \right) \mu m \\ &= (3,374 \pm 0,052) \mu m\end{aligned}$$

Literaturwert : $3,3913\mu m$