

## Laborübungen II

### im Wintersemester 2016 LABORPROTOKOLL

Gruppe

19
----

Name

Punkte

Helmut Hörner		
Kassandra Kunz		

Prüfung

Protokoll

Titel der Übung

INTERFEROMETRIE
-----------------

Datum

Mi.	11. Jan. 2017
-----	---------------

Betreuer

--

(Name in Blockbuchstaben und Unterschrift)

## Inhalt

1	Einleitung .....	2
2	Kalibrierung des Michelson-Interferometers zur nachfolgenden Wellenlängenmessung .....	2
2.1	Versuchsaufbau .....	2
2.2	Messmethode .....	3
2.2.1	Allgemeines .....	3
2.2.2	Messverfahren .....	3
2.3	Messergebnisse und Fehlerabschätzung .....	4
3	Sichtbarmachung der Brechzahländerung .....	5
3.1	Versuchsaufbau .....	5
3.2	Messmethode .....	5
3.2.1	Allgemeines .....	5
3.2.2	Messverfahren .....	5
3.3	Messergebnis .....	5
4	Messung der Wellenlänge einer Na-Dampfampe .....	6
4.1	Versuchsaufbau .....	6
4.2	Messmethode .....	7
4.2.1	Allgemeines .....	7
4.2.2	Messverfahren .....	7
4.3	Messergebnisse und Fehlerabschätzung .....	7
4.4	Interpretation .....	8
5	Anhang .....	8
5.1	Verwendetes Equipment .....	12
5.2	Tabellenverzeichnis .....	12
5.3	Abbildungsverzeichnis .....	12
5.4	Literaturliste .....	12

## 1 Einleitung

Die in diesem Protokoll beschriebenen Experimente wurden am 11.1.2017 an der TU Wien im Rahmen des Praktikums *Laborübungen II (134.124)* von *Kassandra Kunz* und *Helmut Hörner* durchgeführt. Sie beschäftigen sich mit der interferometrischen Sichtbarmachung von Brechzahländerungen erhitzter Luft, der interferometrischen Wellenlängenbestimmung des sichtbaren Teil des Spektrums einer Na-Dampflampe (nach vorheriger Kalibrierung des Interferometers mittels eines He-Ne-Lasers mit bekannter Wellenlänge), sowie der Bestimmung des spektralen Abstandes der Spektrallinien und der Kohärenzlänge einer Na-Dampflampe.

## 2 Kalibrierung des Michelson-Interferometers zur nachfolgenden Wellenlängenmessung

### 2.1 Versuchsaufbau

Das Experiment wurde in einem abgeschlossenen Labor an einem Lasertisch mit Schraubgewindebohrungen in Rasteranordnung durchgeführt. Die optischen Instrumente wurden am Lasertisch fest verschraubt.

Als Interferometer-System wurde ein Projektions-Michelson-Interferometer [PMIF] verwendet, das aus Bauteilen des Mikrobank-Systems auf einem Grundgestell fertig aufgebaut war. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, sind mit Ausnahme von Spiegel 2 sämtliche Komponenten fix montiert. Lediglich Spiegel 2 ist mit einer Differentialschraube verschiebbar.

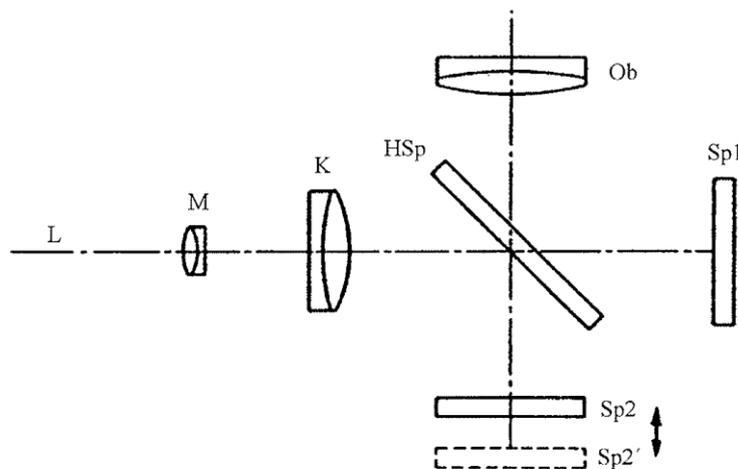


Abbildung 1: Michelson-Interferometer, aus: [Söllner et al, 2007], S. 4, mit Anpassungen der Autoren

Der Strahl eines 0,2 mW He-Ne-Lasers (Wellenlänge  $\lambda_l = 633$  nm) [LASER] wurde, wie in Abbildung 2 gezeigt, genau in die Linse des Objektivs [M] ( $f = 0,65$  mm) geleitet, wobei zwischen der Austrittsöffnung des Lasers und dem Objektiv ca. 65 cm Abstand blieben. Das Bild aus dem Strahlteiler wurde auf ein Millimeterpapier projiziert, das ca. 40 cm entfernt an der Wand hing und als Projektionsschirm diente. Die Linse [M] wurde zu Linse [K] ( $f = 80$  mm) in einem Abstand von 64 mm angebracht.

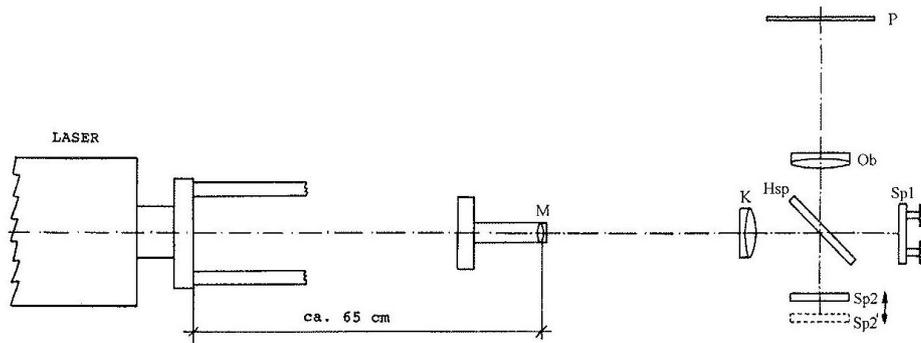


Abbildung 2: Schematischer Aufbau von Laser und Interferometer, aus: [Söllner et al, 2007], S. 6, mit Anpassungen der Autoren

## 2.2 Messmethode

### 2.2.1 Allgemeines

Jede Veränderung  $\Delta l$  der Position von Spiegel 2 mit der Mikrometerschraube übersetzt sich in eine doppelt so lange Veränderung der optischen Weglänge  $\Delta s$ .

$$\Delta s = 2\Delta l \quad (1)$$

Wird bei gegebener Wellenlänge  $\lambda_l$  und einer Veränderung  $\Delta l$  eine Streifenverschiebung von  $m$  Streifen im Interferenzbild beobachtet, ergibt sich daraus eine Veränderung der optischen Weglänge von

$$\Delta s = m\lambda_l \quad (2)$$

Zusammen mit Gleichung (1) ergibt sich:

$$2\Delta l = m\lambda_l \quad (3)$$

Und daher:

$$\Delta l = \frac{m\lambda_l}{2} \quad (4)$$

Die gesamte Längenänderung  $\Delta l$  kann als die Anzahl Skalenteilstriche  $s$  mal der Längenänderung pro Skalenteilstrich  $\Delta l_s$  beschrieben werden:

$$\Delta l = s\Delta l_s \quad (5)$$

Die Längenänderung pro Skalenteilstrich  $\Delta l_s$  kann daher, durch Zusammenführen von Gleichung (4) und (5), wie folgt berechnet werden:

$$\Delta l_s = \frac{m\lambda_l}{2s} \quad (6)$$

### 2.2.2 Messverfahren

- Die Differentialschraube zur Einstellung der Spiegelposition  $\Delta l$  wird von einem Experimentator um eine bestimmte Anzahl Teilstriche  $s$  verstellt.
- Die zweite Experimentatorin zählt die Anzahl der „vorbeilaufenden“ Interferenzstreifen  $m$  auf dem Projektionsschirm.

## 2.3 Messergebnisse und Fehlerrechnung

In der folgenden Tabelle sind die Messergebnisse der sechs durchgeführten Messungen, sowie für jeden Messung die mit Formel (6) berechnete Längenänderung pro Skalenteilstrich und die zugehörige Abweichung gemäß Fehlerfortpflanzungsrechnung (Formel (8)) dargestellt:

Messung	Anzahl Skalenteilstriche	Anzahl Interferenzstreifen	Längenänderung pro Teilstrich <i>siehe Formel (6)</i>	Abweichung <i>siehe Formel (8)</i>
$i$	$s$	$m$	$\Delta l_s$ [nm]	$\sigma_i$ [nm]
1	12	20,0	527,5	$\pm 34,33$
2	10	18,5	585,5	$\pm 34,11$
3	10	21,0	664,7	$\pm 45,89$
4	10	22,0	696,3	$\pm 47,05$
5	10	20,0	633,0	$\pm 44,76$
6	10	18,0	569,7	$\pm 42,58$
Mittelwert			613,0	

**Tabelle 1: Messwerte zur Kalibrierung der Mikrometerskala**

Zur Abschätzung des Fehlers pro Messvorgang wurde folgende Formel benutzt:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{\partial(\Delta l_s)}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial(\Delta l_s)}{\partial s}\right)^2 \sigma_s^2} \quad (7)$$

Als Ablesefehler für die ermittelte Anzahl der Interferenzstreifen wurde  $\sigma_m = \pm 1$  angenommen und als Ablesefehler für die Mikrometerskala  $\sigma_s = \pm 0,5$ . Setzt man Formel (6) in Formel (7) ein, ergibt sich:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{\lambda_l}{2s}\right)^2 1^2 + \left(\frac{m\lambda_l}{2s^2}\right)^2 0,5^2} \quad (8)$$

Für den Mittelwert von  $\Delta l_s = 613$  nm gem. Tabelle 1 gilt gemäß Fehlerfortpflanzungsrechnung letztlich:

$$\sigma_{\Delta l_s} = \frac{1}{6} \sqrt{\sum_{i=1}^6 \sigma_i^2} = 18 \text{ nm} \quad (9)$$

Somit lautet das Endergebnis der Kalibrierung:

$$\Delta l_s = (613 \pm 18) \text{ nm} \quad (10)$$

### 3 Sichtbarmachung der Brechzahländerung

#### 3.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau gem. Kapitel 2.1 wurde wie folgt erweitert: Es wurde zusätzlich ein mit Heizwiderstand ( $300\Omega$ ,  $4W$ ) in das Interferometer in den Strahlengang von Spiegel 2 eingebracht und mit einem Gleichstromnetzteil verbunden.

#### 3.2 Messmethode

##### 3.2.1 Allgemeines

Die Dichte von Luft, und somit auch ihr Brechungsindex ist temperaturabhängig<sup>1</sup>. Daher ergeben sich in den Luftwirbeln oberhalb des Heizwiderstandes unterschiedliche optische Weglängen, was dazu führt, dass die wärmebedingten Konvektionsbewegungen der Luft als sichtbare Interferenzmuster auf dem Projektionsschirm beobachtet werden können.

##### 3.2.2 Messverfahren

- Der Heizwiderstand wird zunächst nicht am Netzgerät angeschlossen. Auf dem Projektionsschirm ist der geometrische Schatten des Widerstands bei Raumtemperatur zu sehen und wird fotografiert.
- Der Heizwiderstand wird am Netzgerät angeschlossen und eine Spannung von  $30V$  eingestellt. Nach ca. 30 Sekunden werden Interferenzerscheinungen aufgrund der Temperaturinfernzen beobachtet und fotografisch dokumentiert.

#### 3.3 Messergebnis



Abbildung 3: Interferenzbild des kalten Heizwiderstands

---

<sup>1</sup> vgl. [Demtröder, 2012], S. 294

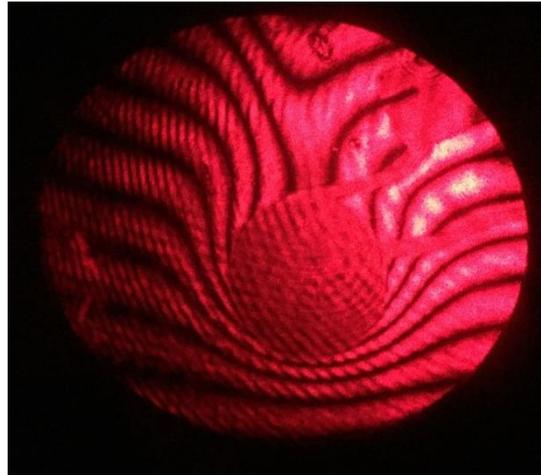


Abbildung 4: Interferenzbild des erhitzten Heizwiderstands

## 4 Messung der Wellenlänge einer Na-Dampf Lampe

### 4.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau gem. Kapitel 2.1 wurde, wie in Abbildung 5 dargestellt, adaptiert. Anstelle des Lasers wurde eine Na-Dampf Lampe [NA] eingebracht, und das Objektiv [M] durch eine Irisblende [BL] mit Blendenöffnung  $1\text{mm}$  ersetzt.

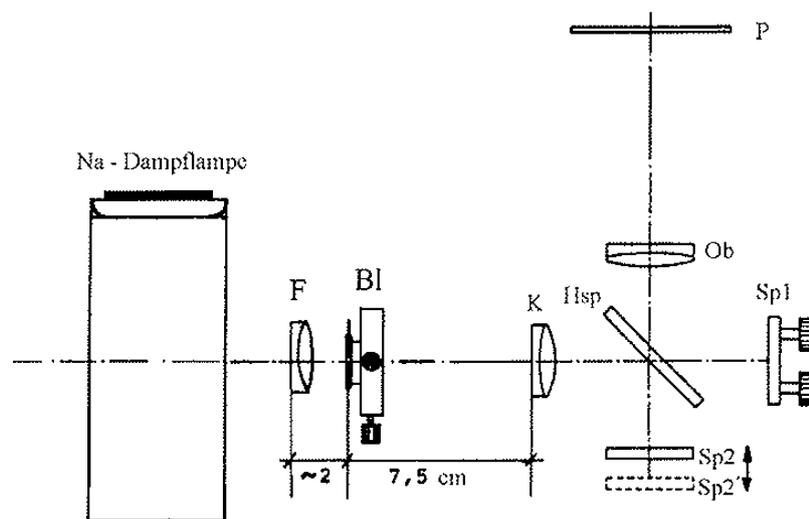


Abbildung 5: Versuchsaufbau zur Messung der Wellenlänge einer Na-Dampf Lampe, aus: [Söllner et al, 2007], S. 9

## 4.2 Messmethode

### 4.2.1 Allgemeines

Na-Dampflampen strahlen nahezu monochromatisches Licht in zwei eng beieinander liegenden Spektrallinien ab (Natrium-D-Linien, Natrium-Doppellinie). Nach der Startphase tragen im Wesentlichen die Übergänge der Elektronen aus dem  $^2P_{1/2}$  oder dem  $^2P_{3/2}$  in den  $^2S_{1/2}$ -Zustand des Natriumdampfes zur Lichtemission bei. Die beiden Spektrallinien liegen bei ca. 589nm und 589,59nm.<sup>2</sup> Durch den monochromatischen Charakter des Lichtes und den Fokussierungseffekt der Irisblende sind, wie beim Laserlicht, Interferenzmuster beobachtbar, und auf Basis des in Kapitel 2 ermittelten Kalibrierungswertes  $\Delta l_s$ , die (mittlere) Wellenlänge  $\lambda_N$  bestimmbar.

Hierzu wird Formel (6) wie folgt umgeformt:

$$\lambda_N = \frac{2s\Delta l_s}{m} \quad (11)$$

### 4.2.2 Messverfahren

- Es wird ein Abstand des [PMIF] zur Na-Dampflampe [NA] ermittelt, in dem keine Auslöschungsinterferenz durch die beiden benachbarten Spektrallinien der NA-Dampflampe auftritt und die Interferenzstreifen daher deutlich zu sehen sind.
- Die Differentialschraube zur Einstellung der Spiegelposition  $\Delta l$  wird dann von einem Experimentator um eine bestimmte Anzahl Teilstriche  $s$  verstellt.
- Die zweite Experimentatorin zählt die Anzahl der „vorbeilaufenden“ Interferenzstreifen  $m$  auf dem Projektionsschirm.

## 4.3 Messergebnisse und Fehlerrechnung

Messung	Anzahl Skalenteilstriche	Anzahl Interferenzstreifen	Wellenlänge <i>siehe Formel (11)</i>	Abweichung <i>siehe Formel (8)</i>
$i$	$s$	$m$	$\lambda_N$ [nm]	$\sigma_\lambda$ [nm]
1	10	27	454	± 56,91
2	11	17	793	± 146,43
3	11	27	499	± 61,73
4	12	26	566	± 71,38
5	12	22	669	± 97,35
6	13	30	531	± 59,02
7	11	27	499	± 61,73
Mittelwert			573	

Tabelle 2: Wellenlängenmessung bei einer NA-Dampflampe

<sup>2</sup> Siehe [Diekmann et al, 2014], S. 372

Zur Abschätzung des Fehlers  $\sigma_i$  der pro Messvorgang ermittelten Wellenlänge  $\lambda_N$  wurde folgende Formel benutzt:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{\partial\lambda_N}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial\lambda_N}{\partial s}\right)^2 \sigma_s^2 + \left(\frac{\partial\lambda_N}{\partial \Delta l_s}\right)^2 \sigma_{\Delta l_s}^2} \quad (12)$$

Als Ablesefehler für die ermittelte Anzahl der Interferenzstreifen wurde  $\sigma_m = \pm 3$  angenommen, und als Ablesefehler für die Mikrometerskala  $\sigma_s = \pm 0,5$ . Setzt man Formel (11) in Formel (12) ein, ergibt sich:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{2ls}{m^2}\right)^2 3^2 + \left(\frac{2l}{m}\right)^2 0,5^2 + \left(\frac{2s}{m}\right)^2 18^2} \quad (13)$$

Für den Mittelwert von  $\lambda_n = 573 \text{ nm}$  gem. Tabelle 1 gilt gemäß Fehlerfortpflanzungsrechnung letztlich:

$$\sigma_\lambda = \frac{1}{7} \sqrt{\sum_{i=1}^7 \sigma_i^2} = \pm 32 \text{ nm} \quad (14)$$

Somit lautet das Endergebnis:

$$\lambda_N = (573 \pm 32) \text{ nm} \quad (15)$$

## 4.4 Interpretation

Der ermittelte Messwert stimmt innerhalb der Messtoleranzen mit dem erwarteten Wert (siehe Kapitel 4.2.1) überein.

## 5 Bestimmung spektralen Abstands benachbarter Linien

### 5.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau blieb unverändert (siehe Kapitel 4.1)

### 5.2 Messmethode

#### 5.2.1 Allgemeines

Wie in Kapitel 4.2.1 beschrieben, hat das Spektrum der Na-Dampflampe [NA] im sichtbaren Bereich zwei eng beieinander liegende Linien mit den Wellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ . Für jede Wellenlänge entsteht ein zugehöriges Interferenzmuster; die beiden Interferenzmuster überlagern sich. Bei einem konstruktiven Zusammenfallen der Streifensysteme sind die Interferenzstreifen am deutlichsten, und es gilt für die Wegdifferenz

$$n\lambda_1 = m\lambda_2 \quad (n, m \in \mathbb{N}) \quad (16)$$

Wird der Spiegelabstand vergrößert nimmt die Gangdifferenz und die Ordnung der Interferenz zu. Wenn die Streifensysteme wieder zusammenfallen (und am daher am kontrastreichsten sind), gilt:

$$(n + \kappa)\lambda_1 = (m + \kappa)\lambda_2 \quad (\kappa, n, m \in \mathbb{N}) \quad (17)$$

$\kappa$  ist dabei die Anzahl der Streifen des Systems  $\lambda_1$ , die zwischen dem Zusammenfallen der Streifensysteme vorbeilaufen.

Aus den Gleichungen (16) und (17) erhält man:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_2}{\kappa} \quad (\kappa \in \mathbb{N}) \quad (18)$$

Zwischen  $\kappa$  und der Änderung des optischen Weglänge  $\Delta s$  bzw. des Spiegelabstandes  $\Delta l$  gilt folgende Beziehung:

$$\kappa = \frac{\Delta s}{\lambda_1} = \frac{2\Delta l}{\lambda_1} \quad (19)$$

Aus Gleichung (18) und (19) erhält man:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2\Delta l} \approx \frac{\lambda_N^2}{2\Delta l} \quad (20)$$

Die Wellenlänge  $\lambda_n$  wurde in Kapitel 4.3 mit  $\lambda_N = (573 \pm 32) \text{ nm}$  ermittelt.

### 5.2.2 Messverfahren

- Es wird ein Abstand des [PMIF] zur Na-Dampfampe [NA] ermittelt, in dem maximale Auslöschungsinterferenz durch die beiden benachbarten Spektrallinien der NA-Dampfampe auftritt, und die Interferenzstreifen daher nicht zu sehen sind.
- Mit der Differentialschraube mit  $10\mu\text{m}$ -Auflösung wird die Spiegelposition  $\Delta l$  solange verstellt, bis eine erneute Auslöschung der Interferenzlinien zu erkennen ist.
- Die Differenzlänge  $\Delta l$  wird aus der Differenz der aktuellen Einstellung der Differentialschraube und der Einstellung zu Beginn ermittelt.

### 5.3 Messergebnis und Fehlerrechnung

Messung	Start position	End-position	Teilstriche	Verschiebung $\Delta l = s * 10\mu\text{m}$	Linienabstand <i>siehe Formel (20)</i>	Abweichung <i>siehe Formel (22)</i>
$i$	$s_1$	$s_2$	$s = s_2 - s_1$	$\Delta l [\mu\text{m}]$	$\Delta\lambda [\text{nm}]$	$\sigma_i [\text{nm}]$
1	4	38	32	320	0,513	0,058
2	-1	26	27	270	0,608	0,069
3	21	49	28	280	0,586	0,067
4	39	69	30	300	0,547	0,066
5	19	49	30	300	0,547	0,066
6	-1	26	27	270	0,608	0,069
Mittelwert					0,568	

Tabelle 3: Messung des Linienabstandes der beiden Spektrallinien einer NA-Dampfampe

Zur Abschätzung des Fehlers pro Messvorgang wurde folgende Formel benutzt:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{\partial(\Delta\lambda)}{\partial(\lambda_N)}\right)^2 \sigma_{\lambda_N}^2 + \left(\frac{\partial(\Delta\lambda)}{\partial(\Delta l)}\right)^2 \sigma_{\Delta l}^2} \quad (21)$$

Als Ablesefehler für die Längenänderung wurde ein halber Teilstrich angenommen, dies entspricht  $\sigma_{\Delta l} = \pm 5 \mu\text{m}$ . Die Messtoleranz der mittleren Wellenlänge  $\lambda_N$  der Na-Dampf Lampe beträgt  $\pm 32 \text{nm}$  (siehe Kapitel 4.3). Setzt man Formel (20) in Formel (21) ein, ergibt sich:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{\lambda_N}{\Delta l}\right)^2 (32 \cdot 10^{-9})^2 + \left(\frac{\lambda_N^2}{2(\Delta l)^2}\right)^2 (5 \cdot 10^{-6})^2} \quad (22)$$

Für den Mittelwert von  $\Delta\lambda = 0,568 \text{ nm}$  gem. Tabelle 3 gilt gemäß Fehlerfortpflanzungsrechnung letztlich:

$$\sigma_{\Delta\lambda} = \frac{1}{6} \sqrt{\sum_{i=1}^6 \sigma_i^2} = 0,03 \text{ nm} \quad (23)$$

Somit lautet das Endergebnis:

$$\Delta\lambda = (0,57 \pm 0,03) \text{ nm} \quad (24)$$

## 5.4 Interpretation

Der ermittelte Messwert stimmt innerhalb der Messtoleranzen mit dem erwarteten Wert  $\Delta\lambda = 0,59 \text{ nm}$  (siehe Kapitel 4.2.1) überein.

## 6 Bestimmung der Kohärenzlänge

### 6.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau blieb unverändert.

### 6.2 Messmethode

#### 6.2.1 Allgemeines

Da eine Na-Dampf Lampe keine streng kohärente Lichtquelle ist (z.B. wegen der Doppelspektrallinie; siehe Kapitel 4.2.1, aber auch wegen der Doppler- und Stoßverbreiterung der Spektrallinien bzw. wegen der unvermeidlichen Strahlverbreiterung nach der Irisblende), ist die Kohärenzlänge begrenzt.

#### 6.2.2 Messverfahren

- Mit der Differentialschraube mit  $10 \mu\text{m}$ -Auflösung wird die Spiegelposition  $\Delta l$  solange verstellt, bis erstmals Spektrallinien zu erkennen sind.
- Die Position des Spiegels wird solange verändert, bis keine Spektrallinien mehr abgebildet werden (unter Ignorieren der Bereiche der kurzzeitigen Auslöschung aufgrund der Doppellinie)
- Die Differenzlänge  $\Delta l$  wird aus der Differenz der aktuellen Einstellung der Differentialschraube und der Einstellung zu Beginn ermittelt.
- Die Kohärenzlänge entspricht der Veränderung der optischen Weglänge, sohin der doppelten Positionsveränderung des Spiegels:

$$l_c = 2\Delta l \quad (25)$$

### 6.3 Messergebnis und Fehlerrechnung

Mes- sung	Start position	End- position	Teil- striche	Verschiebung $\Delta l = s \cdot 10\mu m$	Kohärenzlänge siehe Formel (25)	Abweichung siehe Formel (27)
$i$	$s_1$	$s_2$	$s = s_2 - s_1$	$\Delta l [mm]$	$l_c [mm]$	$\sigma_i [mm]$
1	30	235	205	2,05	4,1	$\pm 0,1$
2	30	220	190	1,90	3,8	$\pm 0,1$
3	15	220	205	2,05	4,1	$\pm 0,1$
4	15	240	225	2,25	4,5	$\pm 0,1$
5	10	240	230	2,30	4,6	$\pm 0,1$
Mittelwert					4,22	

Tabelle 4: Messung Kohärenzlänge

Zur Abschätzung des Fehlers pro Messvorgang wurde folgende Formel benutzt:

$$\sigma_i = \sqrt{\left(\frac{\partial(l_c)}{\partial(\Delta l)}\right)^2} \sigma_{\Delta l} = \left(\frac{\partial(l_c)}{\partial(\Delta l)}\right) \sigma_{\Delta l} \quad (26)$$

Als Ablesefehler für die Längenänderung wurden fünf Teilstriche angenommen, dies entspricht  $\sigma_{\Delta l} = \pm 50\mu m$ . Setzt man Formel (25) in Formel (26) ein, ergibt sich:

$$\sigma_i = 2 \cdot 50\mu m = 100\mu m = 0,1mm \quad (27)$$

Für den Mittelwert von  $l_c = 4,22$  mm gem. Tabelle 4 gilt gemäß Fehlerfortpflanzungsrechnung letztlich:

$$\sigma_{l_c} = \frac{1}{6} \sqrt{\sum_{i=1}^6 \sigma_i^2} = 0,1 mm \quad (28)$$

Somit lautet das Endergebnis:

$$\boxed{l_c = (4,2 \pm 0,1) mm} \quad (29)$$

## 7 Anhang

### 7.1 Verwendetes Equipment

[PMIF]	Projektions-Michelson-Interferometer, zusammgebaut aus Komponenten des „Mikrobank“-Systems von Linos (vormals Spindler und Hoyer; siehe Abbildung 1)
[NA]	Natriumdampfampe Spindler und Hoyer, Art. Nr. 030229, 220V, 1A, 60W
[LASER]	He-Ne-Laser, 5mW max. output, $\lambda=632,8\text{nm}$
[M]	Linse, Brennweite $f=0,65\text{mm}$
[K]	Linse, Brennweite $f=80\text{mm}$
[F]	Linse, Brennweite $f=20\text{mm}$
[BL]	Iris-Blende

### 7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messwerte zur Kalibrierung der Mikrometerskala .....	4
Tabelle 2: Wellenlängenmessung bei einer NA-Dampfampe.....	7
Tabelle 3: Messung des Linienabstandes der beiden Spektrallinien einer NA-Dampfampe .....	9
Tabelle 4: Messung Kohärenzlänge .....	11
Abbildungsverzeichnis	
Abbildung 1: Michelson-Interferometer, aus: [Söllner et al, 2007], S. 4, mit Anpassungen der Autoren .....	2
Abbildung 2: Schematischer Aufbau von Laser und Interferometer, aus: [Söllner et al, 2007], S. 6, mit Anpassungen der Autoren.....	3
Abbildung 3: Interferenzbild des kalten Heizwiderstands .....	5
Abbildung 4: Interferenzbild des erhitzten Heizwiderstands.....	6
Abbildung 5: Versuchsaufbau zur Messung der Wellenlänge einer Na-Dampfampe, aus: [Söllner, 2007], S. 9 .....	6

### 7.3 Literaturliste

[Demtröder, 2012]	Wolfgang Demtröder. Experimentalphysik 2 Elektrizität und Optik, 6. Auflage. Springer, 2012
[Diekmann et al, 2014]	Bernd Diekmann, Eberhard Rosenhal. Energie. Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung, 3. Auflage, Springer, 2014.
[Söllner et al, 2014]	E. Söllner, H. Michor. Interferometrie. Praktikums-Skriptum, TU-Wien, 2007.