

Versuch 61

HeNe-Laser

Jonah Nitschke
lejonah@web.de

Sebastian Pape
sepa@gmx.de

Durchführung: 24.01.2018

Abgabe: 29. Januar 2018

1 Auswertung

Im Folgenden werden die erhobenen Messdaten ausgewertet, mit dem Ziel die Polarisation, die Grundmode, sowie die erste Angeregte Mode, die Wellenlänge und die Stabilitätsmessung des HeNe-Lasers zu erhalten.

1.1 Polarisationsmessung

Die Messdaten sind in Tab. 4 dargestellt. Die Intensität $I(\varphi)$ ist in Abhängigkeit des Winkels des Polarisationsfilters φ gemessen worden.

Die Messdaten sind an eine Funktion der Form:

$$I(\varphi) = I_0 \cdot \sin^2(\varphi - \varphi_0) \quad (1)$$

gefittet worden. Die einzelnen Parameter der Ausgleichsrechnung sind in Tab. 1 dargestellt.

Tabelle 1: Parameter der Ausgleichsrechnung zu (1)

Parameter	Wert	Fehler
I_0	0,26mA	0,019
φ	0,14rad	0,067

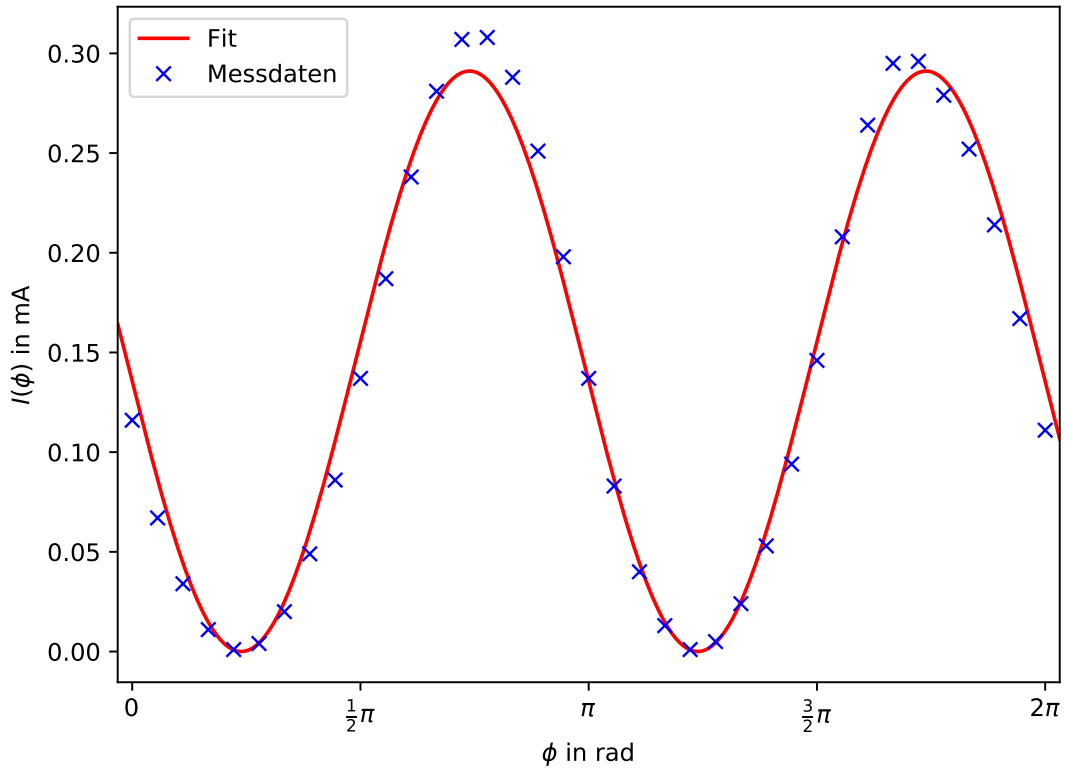


Abbildung 1: Polarisationsmessung mit der zugehörigen Ausgleichsfunktion.

1.2 Modenmessung

Die Messdaten zu der Grundmode $\text{TEM}_{(0,0)}$ und der ersten angeregte Mode $\text{TEM}_{(0,1)}$ sind in Tab. 5 einzusehen. Die Daten der Grundmode an eine Gaußfunktion der Form:

$$I_{(0,0)} = I_0 \exp \left(-2 \left(\frac{\Delta L - d_0}{\omega} \right)^2 \right) \quad (2)$$

gefittet worden.

Hingegen sind die Daten der $\text{TEM}_{(0,1)}$ an eine doppelte Gaußkurve für asymmetrische Knotenlinien gefittet worden. Die Ausgleichsfunktion besitzt folgenden Gestalt:

$$I_{(0,1)} = I_{0,1} \exp \left(-2 \left(\frac{\Delta L - d_{0,1}}{\omega_1} \right)^2 \right) + I_{0,2} \exp \left(-2 \left(\frac{\Delta L - d_{0,2}}{\omega_2} \right)^2 \right). \quad (3)$$

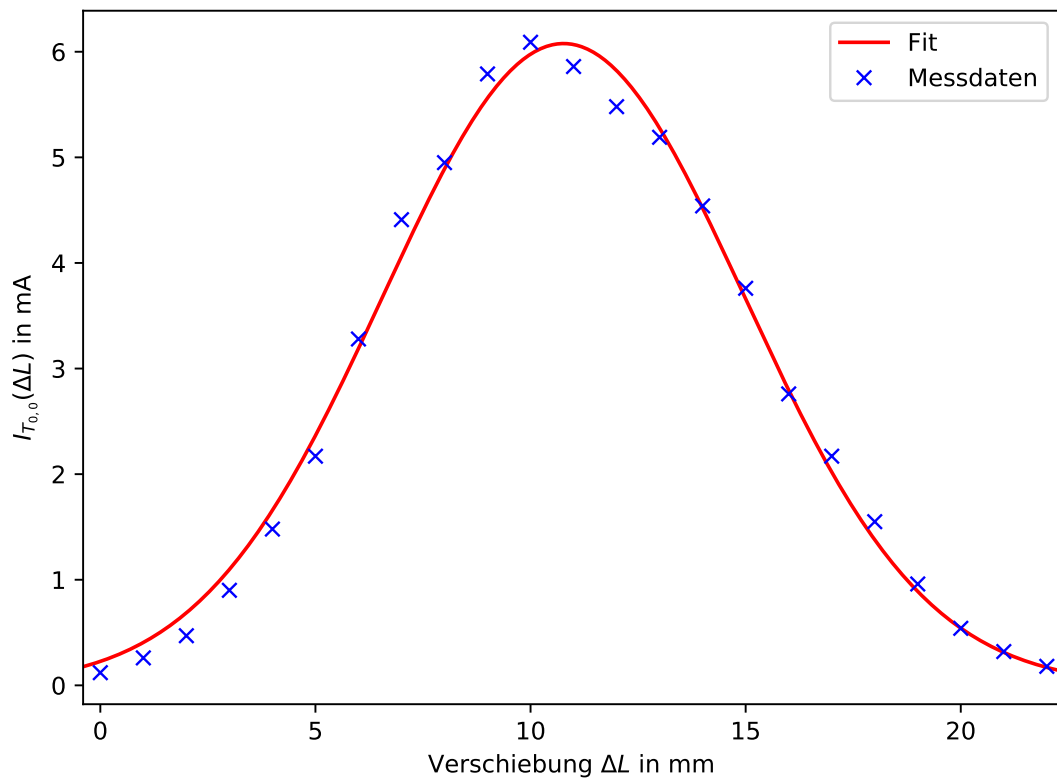


Abbildung 2: Grundmode mit der zugehörigen Ausgleichsfunktion.

Die Parameter der Ausgleichsrechnungen sind in Tab. 2 aufgeführt.

Mit der Funktion (3) und den Parametern aus Tab. 2 ergibt sich die Ausgleichskurve zu dem in Abb. 3 dargestellten Plot.

Tabelle 2: Parameter der Ausgleichsrechnung zu den Gleichungen (2) und (3)

Parameter	Wert	Fehler
I_0	6,08mA	0,079
ΔL_0	10,77mm	0,063
ω	8,396mm	0,13
$I_{0,1}$	0,65 μ A	0,035
$\Delta L_{0,1}$	4,68mm	0,175
ω_1	5,63mm	0,375
$I_{0,2}$	0,45 μ A	0,011
$\Delta L_{0,2}$	18,61mm	0,089
ω_2	6,46mm	0,189

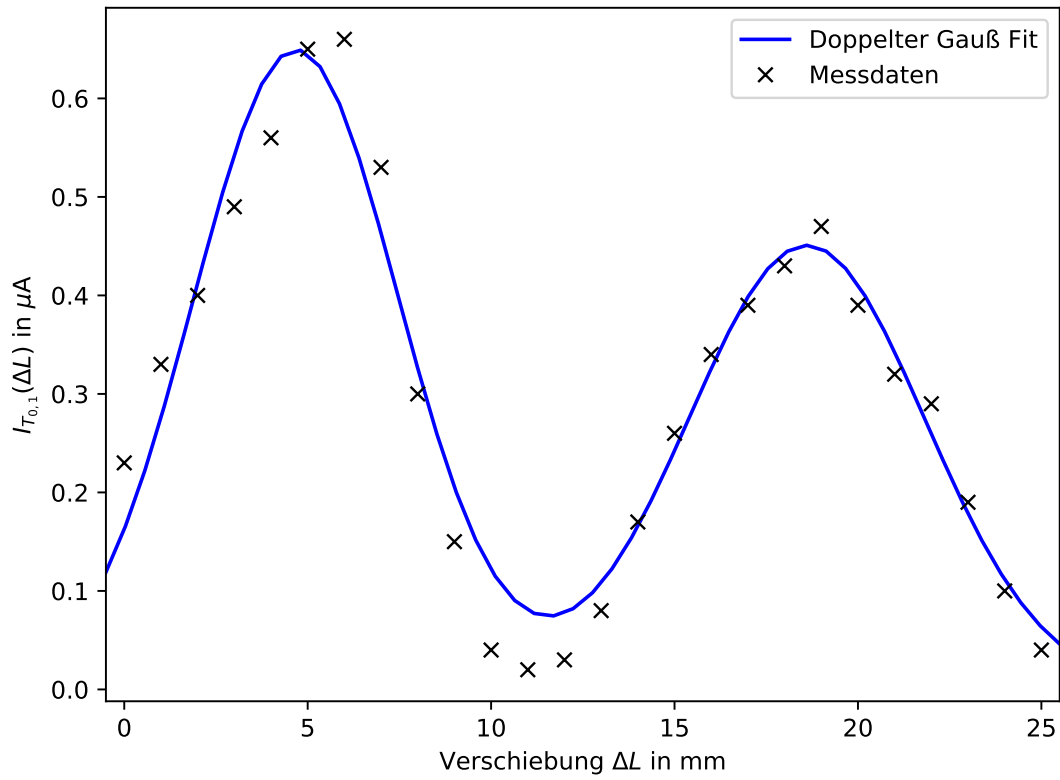


Abbildung 3: Erste angeregte Mode mit der zugehörigen Ausgleichsfunktion.

1.3 Wellenlängenmessung

Die Messdaten zu der Wellenlängenmessung ist in Tab. 3 dargestellt. Die Wellenlänge wird durch Formel (4) berechnet.

$$\lambda = \frac{a \cdot \sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{d_n}{L} \right) \right)}{n} \quad (4)$$

Dabei ist a die Gitterbreite, d_n der Abstand der Hauptmaxima zu dem zentralen Hauptmaxima, L der Abstand des Schirms von dem Spalt und n die Ordnung der Hauptmaxima. Die Ordnung des Hauptmaximas wird wie in Abb. 4 dargestellt bestimmt.

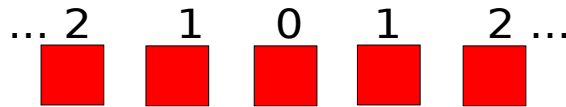


Abbildung 4: Schema zum Ablesen der Ordnung der Hauptmaxima.

Dabei hat das zentrale Hauptmaxima die Ordnung 0. Das verwendete Gitter hat eine Gitterbreite von $a = \frac{1}{100}$ mm und der Abstand zum Schirm beträgt $L = 75,7$ cm. Als Ablesefehler der Abstände der Hauptmaxima wird $\delta L = 0,05$ cm angenommen.

Tabelle 3: Messdaten zur Wellenlängenmessung.

Parameter	Wert in cm	λ in nm
H_{-2}	9,8	641,94 \pm 3,22
H_{-1}	4,9	645,94 \pm 6,56
H_1	5,1	672,18 \pm 6,56
H_2	9,7	635,49 \pm 3,22

Gemittelt über die Anzahl ergeben die Wellenlängen aus Tab. 3 die beste Schätzung $\lambda_{\text{He-Ne}} = (648,9 \pm 2,6)$ nm.

1.4 Stabilitätsmessung

Die Messdaten der Stabilitätsmessung des He—Ne-Lasers für die verschiedenen Resonatoren sind in Tab. 6 und Tab. 7 dargestellt.

Die Messdaten des Resonators mit der Spiegelkombination konkav-konkav sind an eine quadratische Funktion mit den Parametern a , b und c gefittet (vgl. (5)).

$$I_{\text{quad}}(\Delta L) = a \cdot (\Delta L)^2 + b \cdot \Delta L + c \quad (5)$$

Aus der Ausgleichsrechnung ergeben sich die Parameter zu:

$$a = (-7,68 \pm 9,28) \cdot 10^{-6} \text{ mA/cm}^2 \quad (6)$$

$$b = (3,57 \pm 1,75) \cdot 10^{-3} \frac{\text{mA}}{\text{cm}} \quad (7)$$

$$c = (-6,83 \pm 8,07) \cdot 10^{-2} \text{ mA}. \quad (8)$$

Hingegen werden die Messdaten des Resonators mit der Spiegelkombination konkav-planar an eine lineare Funktion mit den Parametern a und b gefittet (vgl. (9)).

$$I_{\text{lin}}(\Delta L) = a \cdot \Delta L + b \quad (9)$$

Die Parameter der Ausgleichsrechnung der Funktion (9) ergeben sich zu:

$$a = (-6,71 \pm 0,89) \cdot 10^{-2} \frac{\mu\text{A}}{\text{cm}} \quad (10)$$

$$b = 6,52 \pm 0,61 \mu\text{A} \quad (11)$$

Die dazugehörigen Diagramme sind in Abb. 5 und Abb. 6 dargestellt.

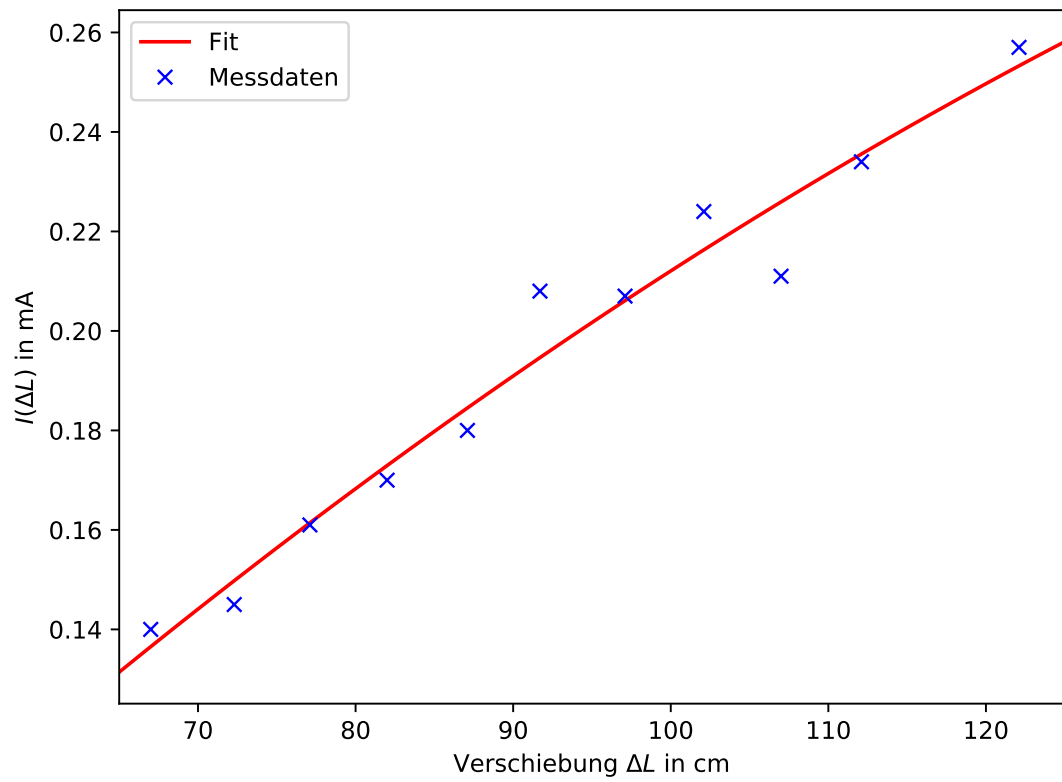


Abbildung 5: Messdaten und Fit der Stabilitätsmessung des Resonators mit der Spiegelkombination konkav-konkav.

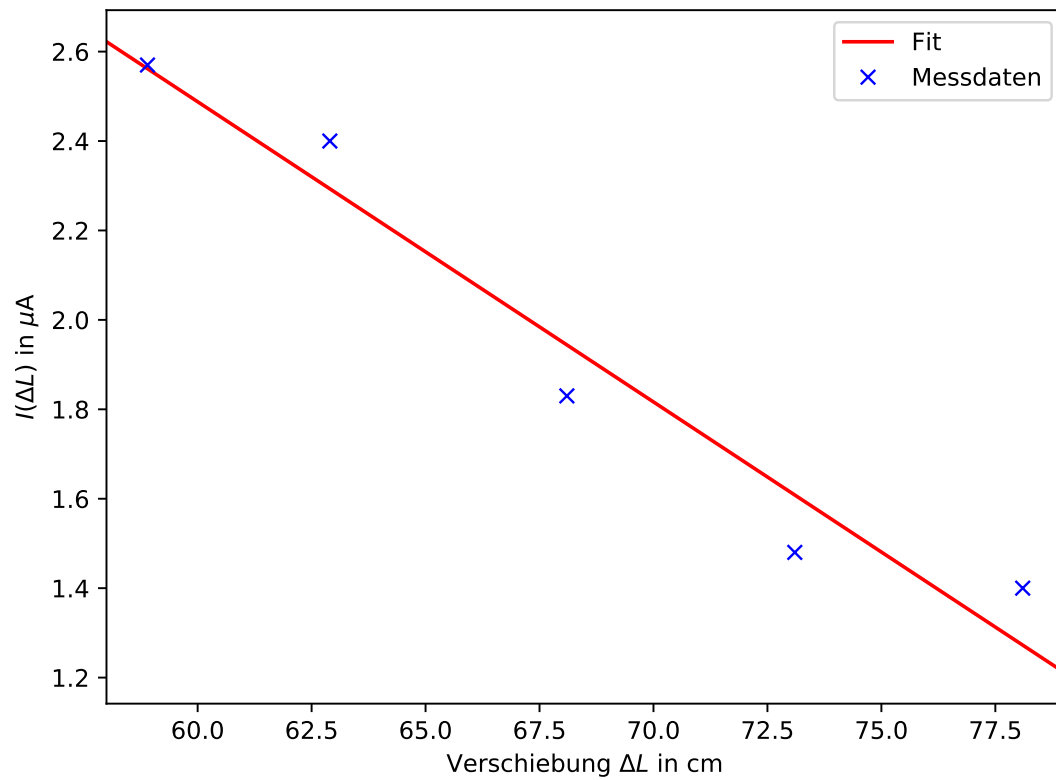


Abbildung 6: Messdaten und Fit der Stabilitätsmessung des Resonators mit der Spiegelkombination konkav-planar.

2 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Messergebnisse diskutiert. Der Zusammenhang der Polarisationsmessung mit einer quadrierten Sinusfunktion ist deutlich erkennbar. Somit konnte die Erwartung durch die Messung bestätigt werden. Weiterhin sind die Grundmode und die erste angeregte Mode ausgemessen worden. Die Grundmode konnte der Erwartung entsprechend durch eine Gaußfunktion präzise beschrieben werden. Die erste angeregte Mode wird hingegen durch eine asymmetrische doppelte Gaußfunktion beschrieben. Die Asymmetrie entsteht aufgrund der endlichen Ausdehnung des verwendeten Golddrahtes. Der Golddraht wirft auf die eine Seite der doppelten Gaußfunktion einen Schatten, der das Maximum deutlich absenkt.

Die Wellenlängenmessung ergibt $\lambda_{\text{He-Ne}} = (648,9 \pm 2,6) \text{ nm}$. Dieser Wert liegt im roten Bereich des sichtbaren Lichtes. Der Literaturwert wird mit $\lambda_{\text{lit}} = 632,82 \text{ nm}$. Die Diskrepanz der beiden Werte liegt nicht im Fehlerintervall des experimentell bestimmten Wertes. Dies kann dadurch erklärt werden, dass der Schirm, auf den die Hauptmaxima projiziert werden schief gestanden haben könnte. Außerdem ist die Vermessung und Rechnung im Nanometer Bereich anfällig für Ablesefehler. Daher wird die Diskrepanz auf einen systematischen Fehler zurückgeführt.

Die Stabilitätsmessung ergab, dass ein Zusammenhang zwischen der konkav-konkav Resonatorspiegelkombination und einer quadratischen Gleichung hergestellt werden konnte. Die Parameter der Ausgleichsrechnung haben jedoch große statistische Unsicherheiten, aber der Zusammenhang wird trotzdem ersichtlich. Ebenso ist der lineare Zusammenhang der konkav-planar Resonatorspiegelkombination in dem Kapitel 1.4 aufgeführt worden. Das konkav-planar System stellt bei der Vermessung deutlich Probleme dar, weil der He-Ne-Laser schon bei kleinen Spiegelveränderungen aufgehört hat zu lasern. Die Messung wurde mehrfach durchgeführt, da die Messreihen teilweise schon nach zwei Messpunkten abgebrochen sind, weil der Laser bei gegebenem Abstand nicht mehr zum lasern gebracht werden konnte. Letztendlich sind nur fünf Messpunkte aufgenommen worden, weshalb das Ergebnis starke statistische Unsicherheiten aufweist.

3 Messdaten

In diesem Kapitel sind die Messdaten zu den Kapiteln 1.1, 1.2 und 1.4 aufgeführt.

Tabelle 4: Messdaten der Polarisationsmessung.

I_{Pol} in mA	ϕ in °
0,116	0
0,067	10
0,034	20
0,011	30
0,001	40
0,004	50
0,020	60
0,049	70
0,086	80
0,137	90
0,187	100
0,238	110
0,281	120
0,307	130
0,308	140
0,288	150
0,251	160
0,198	170
0,137	180
0,083	190
0,040	200
0,013	210
0,001	220
0,005	230
0,024	240
0,053	250
0,094	260
0,146	270
0,208	280
0,264	290
0,295	300
0,296	310
0,279	320
0,252	330
0,214	340
0,167	350
0,111	360

Tabelle 5: Messdaten der Modenmessung.

$I_{(0,0)}$ in μA	$I_{(0,1)}$ in μA	ΔL in mm
0,12	0,23	0
0,26	0,33	1
0,47	0,40	2
0,90	0,49	3
1,48	0,56	4
2,17	0,65	5
3,28	0,66	6
4,41	0,53	7
4,95	0,30	8
5,79	0,15	9
6,09	0,04	10
5,86	0,02	11
5,48	0,03	12
5,19	0,08	13
4,54	0,17	14
3,76	0,26	15
2,76	0,34	16
2,17	0,39	17
1,55	0,43	18
0,96	0,47	19
0,54	0,39	20
0,32	0,32	21
0,18	0,29	22
—	0,19	23
—	0,10	24
—	0,04	25

Tabelle 6: Messdaten der Resonatorstabilitätemessung für die Spiegelkombination konkav-konkav.

ΔL in cm	I in mA
67,0	0,14
72,3	0,14
77,1	0,16
82,0	0,17
87,1	0,18
91,7	0,21
97,1	0,21
102,1	0,22
107,0	0,21
112,1	0,23
122,1	0,26

Tabelle 7: Messdaten der Resonatorstabilitätemessung für die Spiegelkombination konkav-planar.

ΔL in cm	I in A
58,9	2,57
62,9	2,40
68,1	1,83
73,1	1,48
78,1	1,40