

Bei den Resonatoren muss man auf den Effekt der Superposition achten, denn da Wellen immer zurück durch das Medium reflektiert werden, superponieren sie sich ~~zwecks~~ mit Wellen neuer oder älterer Zyklen, dies muss nun bei der Konstruktion der Resonatoren bedacht werden, denn es bilden sich für bestimmte Lichtfrequenzen bestimmte Feldverteilungen aus (sog. Resonanzmoden). Als einfaches Beispiel hierfür dient der plamparallele Resonator, bei dem man eine Schicht (delle der Form $2E_0 \sin(\omega t) \cos(kz)$ [Herkunft: Heft]) erhält mit den Resonanzwerten $q = \frac{2L}{\lambda_g}$. Resonanzmoden sind eVN, also ist L ein Vielfacher der halben Wellenlänge λ_g .

In anderen Resonatoren erhält man andere Moden.

Laser mit optischen Resonatoren und Brewster-Fenster dienen also der Erzeugung intensiver, (bis zu 100 MW beim He-Ne-Laser), koherenter, bis linear polarisierter Lichtbündel.

Datum: 1.9.2014

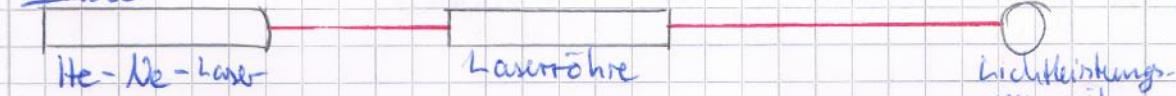
2.1.

Material: • He-Ne - Pilot Laser 07 HLE001 : Pentax-Kamera

• Laserröhre OS-LHB-290

• Lichtleistungsmessgerät

Skizze



Klassische Durchführung

Es wird zuerst die Leistung P_1 der Pilotlaser bestimmt, nachdem der Versuch entsprechend der Skizze aufgebaut wurde. Danach wird die Leistung P_2 von Laser + Laserröhre gemessen. Abschließend wird die Leistung P_3 gemessen von der Laserröhre allein.

Abb. 1:
Skizze 2.1

Messdaten:

	P_1 mW	P_2 mW	P_3 mW	γ
#1	0,492	0,54	0,036	1,024
#2	0,515	0,575	0,034	1,05
#3	0,491	0,55	0,037	1,045

Tab 1: Berechnung der Verstärkung

$$\bar{\gamma} = 1,0396$$

Reflektivität muss bei ca. >96% liegen bei einem Doppelkant, also brauchen wir einen Spiegel mit ca. $R \geq 92\%$.

Wir verwenden $R = 95\%$.

2.2.

Skizze:

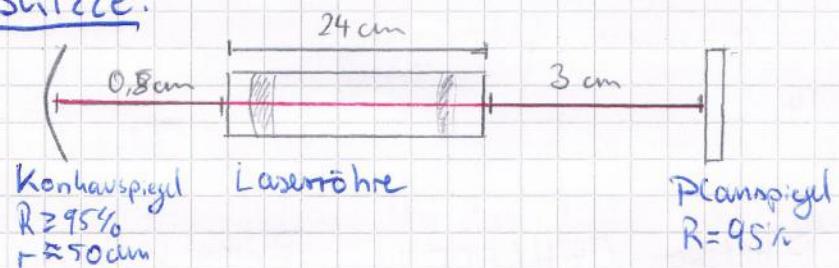
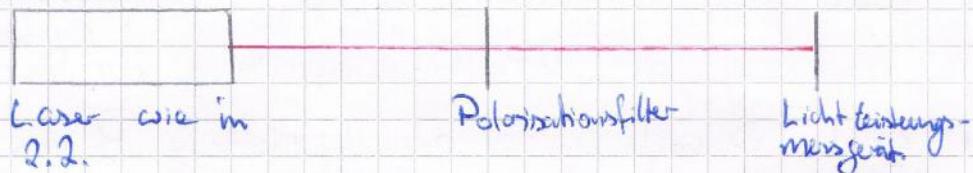


Abb Skizze 2.2

Durchführung: Es wurde zuerst der Planspiegel justiert mithilfe des Spiegelwurfs und danach wurde der Konkavspiegel so justiert, dass der Laser funktioniert.

2.3.

Skizze:



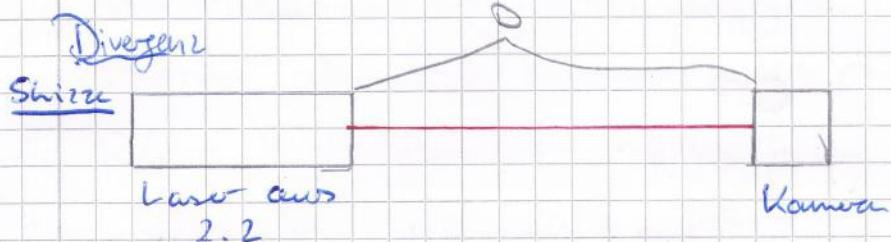
Durchführung: Der Polarisationsfilter wird so lange gedreht, bis entweder P_{\min} oder P_{\max} erreicht wird, anschließend werden die zugehörigen Winkel $\alpha(P_{\min})$, $\alpha(P_{\max})$ ablesen.

$$P_{\max} = 0,2 \text{ mW}$$

$$\alpha(P_{\max}) = 324^\circ$$

$$P_{\min} = 0,015 \text{ mW}$$

$$\alpha(P_{\min}) = 66^\circ$$



Durchführung: Die Bilder werden genommen bei
zwei verschiedenen Abständen D_1, D_2

$$D_1 = 39,2$$

$$D_2 = 5 \text{ cm}$$

2.4

L in cm	$P_{\text{HeNe}}(L)$ mW
31,5	0,65
32,5	0,681
33	0,7
34	0,601
36	0,54
37	0,55
40	0,42
42,5	0,42
43	0,41

Tab 2: Messwerte für den gedachten Resonator

Sinn?



01.09.2014
VI || Mz

Versuchsdurchführung: Der Abstand L wurde vergrößert, bis der Laserbetrieb aufgehört hat und dann wurde der Laser so justiert, dass der Laserbetrieb wieder aufgenommen werden kann, um den Laser zum Funktionieren zu bringen.

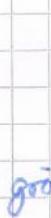
Auswertung

2.1 Justierung der Laserröhre und Messung der Lichtverstärkung

In diesem Versuchsteil wurden die Leistungen vom Pilotlaser (P_1), vom Pilotlaser mit eingeschalteter Laserröhre (P_2) und von der Laserröhre allein (P_3) bestimmt, um den Lichtverstärkungsfaktor V der Laserröhre herauszufinden.

Messwert Messung Nr.	P_1 in mW	P_2 in mW	P_3 in mW	V
# 1	0,492	0,54	0,036	1,024
# 2	0,515	0,575	0,034	1,05
# 3	0,491	0,55	0,037	1,045
		\bar{V}	1,0396	$S_{\bar{V}} = 7,97 \cdot 10^{-3}$

Tabelle 3. Messwerte für P_1, P_2, P_3 mit berechnetem Wert für V und dem daraus ermittelten Mittelwert \bar{V} und der Standardabweichung $S_{\bar{V}}$



2.3 Untersuchung von Polarisation und Divergenz des Laserlichts

	Max	Min
P_{max}	0,27	0,015
$\alpha \text{ in } {}^\circ$	334°	66°

Tab. 1: Messwerte für P_{max} , P_{min} mit den zugehörigen Winkeln

Im ersten Teil haben wir ~~gewählt die~~ maximale einen Polarisations-Filter zwischen Lichtleistungsmesser und unserem selbst gebauten Laser gestellt.

Wir haben gesehen bei welchem Polarisationswinkel die Leistung maximal ($\alpha(P_{\text{max}}) = 334^\circ$) und bei welchem sie minimal wird ($\alpha(P_{\text{min}}) = 66^\circ$). Es ergibt sich nun, dass die beiden Winkel im rechten Winkel zueinander stehen. Der Winkelunterschied beträgt 92° . ~~also~~ Im Rahmen von Messfehlern bei den Winkeln kann man hier von linear polarisiertem Licht in der 334° -Ebene sprechen. Im ~~Ideal~~ Idealfall wäre die Leistung $P_{\text{min}} = 0$, jedoch haben wir hier eventuell nicht vollständig polarisiertes Licht, bzw. es ist vor der Verstellschraube durch die anderen Gruppen belichtet was zu Fehlern führt.

Die lineare Polarisation war aufgrund der Brewster-Fenster, die auf dem Prinzip des Brewster-Winkels basieren, und Licht linear polarisieren, die in der Laserrohre sind, zu erwarten.

Wir erhalten folgendes Polarisationsverhältnis:

$$\frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{min}}} = 18$$

Im zweiten Teil von 2.3 sollte nun die Divergenz der Laserstrahl bestimmt werden, dazu haben wir das Leistungsmessgerät mit einer Kamera ausgetauscht

Bei zwei eindeutig verschiedenen Abständen D_1 und D_2 wurde der Laser fotografiert um die Divergenz, also die Aufweitung über eine gewisse Entfernung, zu bestimmen:

$$\cdot D_1 = 59,2 \text{ cm}$$

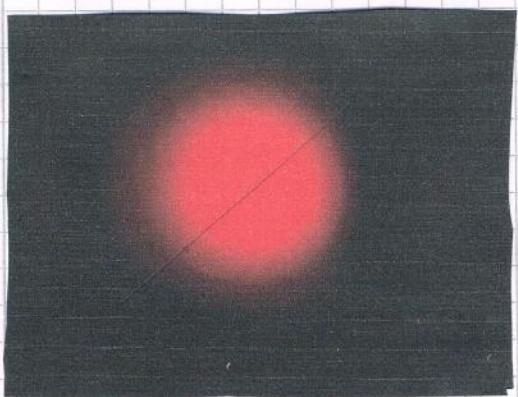


Abb 1: Bild vom Laser im Abstand

59,2 cm mit Linie wie sie bei image f gemacht wurde

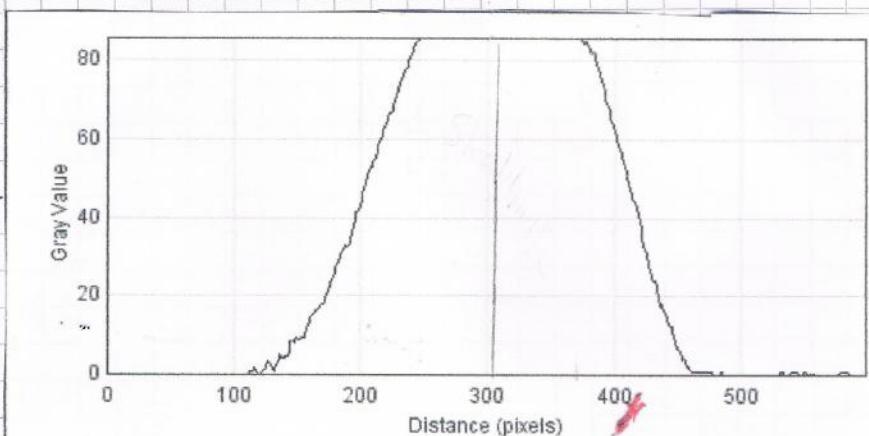


Abb 2: Grafik mit image f gemacht zur Darstellung der Helligkeit der Pixel entlang der Linie. H - Strahlmitte

Man sieht in Abb 2, dass die Strahlmitte mehrere hundert Pixel breit ist. Es gilt: Der Wert beträgt 85,6667, wir suchen also den Pixelabstand bei dem der Wert auf 11,5937 abfällt.

n_1 bezeichnet dabei den Abstand nach links und n_2 nach rechts.

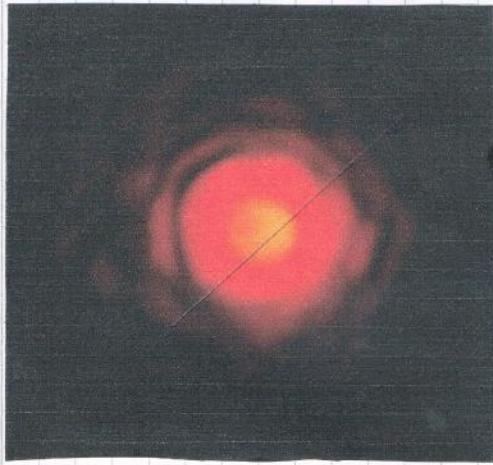
Wir erhalten für n_1 :

$$\overline{n_1} = 93 \\ \Rightarrow w(D_1) = 93 \cdot 4 \mu\text{m} = 372 \mu\text{m}$$

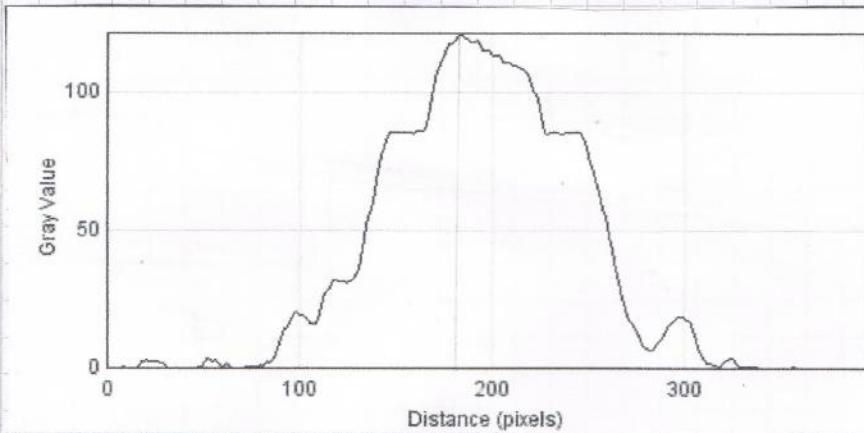
$$n_1 = 160$$

$$w(D_1) = 160 \cdot 4 \mu\text{m} = 640 \mu\text{m}$$

$$D_2 = 5 \text{ cm}$$



Abbl 3. Abbild vom Laser im Abstand Scen mit Linie wie sie bei image J eingeschobt wurde



Abbl 4: Graph

Zum image J genau
der Darstellung
der Helligkeit des
Pixel

Der Maximalwert beträgt hier $122,37 \pm 2$ wir suchen den
Pixelabstand bei dem der Wert auf $16,56$ gefallen ist, also

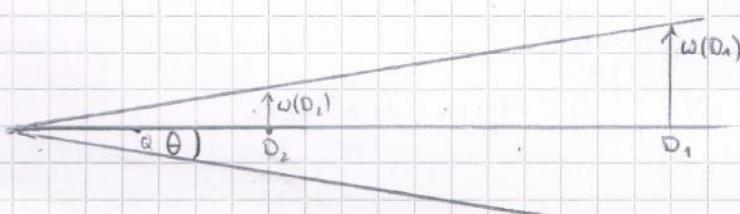
$$n_2 = 115$$

$$w(D_2) = 115 \cdot 4 \mu\text{m} = 460 \mu\text{m}$$

Die maßstabsgetreue Schere kann ich nun leider nicht machen hier im Heft, da $\Delta D_1, D_2 \approx 5,5 \text{ cm}$ und $\Delta w(D_1, D_2) \approx 160 \mu\text{m}$.

Es gibt keinen Maßstab bei dem ich beide Entfernung auftragen könnte, dafür haben wir den Unterschied zwischen D_1 und D_2 zu groß gewählt. Das setze ich allgemein nicht wie hier maßstabsgetreu gearbeitet werden kann.

Hier eine nicht maßstabsgetreue Schere:



Abbl 4: Nicht-maßstabsgetreue Schere

Die Gerade die von den beiden Punkten $u(D_1)$ und $u(D_2)$ aufgespannt wird ergibt sich als eine Gerade mit der

Steigung $a = \frac{\Delta u}{\Delta D} = \frac{(640 - 460) \cdot 10^{-6} \text{ m}}{(59,2 - 5) \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 3,321 \cdot 10^{-4}$

Außerdem also haben wir eine Gerade $f(x) = 3,321 \cdot 10^{-4}x + b$, wir wissen nun:

$$f(0,05 \text{ m}) = 460 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 3,321 \cdot 10^{-4} \cdot 0,05 \text{ m} + b \\ \Rightarrow b = 4,434 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 443,4 \mu\text{m}$$

Dies heißt wiederum, dass $f(0) = 443,4 \mu\text{m} \neq 0$. Die "Quelle" liegt also nicht im Ursprung. Außerdem beträgt der Divergenzwinkel:

$D_1: \theta_1 = \arctan\left(\frac{u(D_1)}{D_1}\right) = \arctan\left(\frac{640 \mu\text{m}}{59,2 \text{ cm}}\right) \approx 0,062^\circ$

$\cancel{D_2: \theta_2 = 0,527}$

$$\Rightarrow \theta = \arctan(a) = \arctan(3,321 \cdot 10^{-4}) = \underline{\underline{0,019^\circ}}$$

Diese Ergebnisse können darüber erhöht werden, dass auch Laserstrahlen eine Ausdehnung haben und die Lichtemission stetig ist, was man besonders in Abb. 4 sieht. n_2 ist wahrscheinlich sehr ungenau, da es nicht offensichtlich ist, dort den Radius abzulesen. Würde man mehr Entfernungen hinzunehmen und per Lineare Regression eine Gerade bestimmen so hätte man ein ~~ausgefeiltes~~ Ergebnis. Mit diesen Messdaten muss man ~~ausgefeilte~~ Korrekturen beginnen.

3.4 Variationen des Resonators

In diesem Versuch Teil wird versucht den Resonator so weit wie möglich auseinander zu bewegen und trotzdem die Laser-Frequenz zu erhalten. Nach jeder Verlängerung wurde der Laser neu justiert um die Leistung zu maximieren.

L in cm	P in mw
31,5	0,65
32,5	0,681
33	0,7
34	0,601
36	0,54
37	0,55
40	0,42
42,5	0,42
43	0,41

Tab. 5 Leistung $P_{\text{HeNe}} (= P)$ in mw zu
der dazu gehörigen Länge

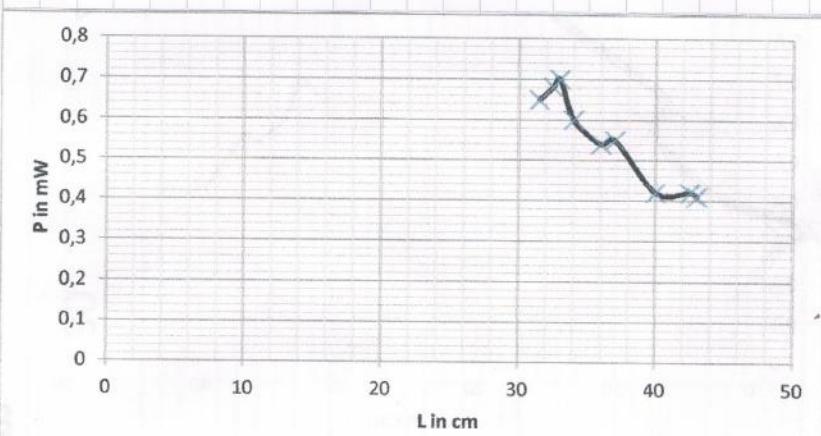


Abb. 5: Graphische
Darstellung von
Tab. 5

Ich denke, dass die Ursache für die Kurvenform Messfehler sind. Wir haben uns nicht sehr viel Zeit für diesen Teil genommen, da wir noch den Teil mit der Kamera vollenden mussten und ~~stehen unter druck~~ sind diese Messwerte nicht ~~so~~ aussagekräftig bzw. wird ich keinen Trend sehen, da ~~es zweit steigt bei~~ Punkt bis 33cm steigt, dann sinkt von 33cm weiter gefolgt ist von einer positiven Steigung bis 37cm und dann wieder sinkt. Dies sieht aus wie ein Sägezahnmuster für welches ich keine Erklärung hätte. Hätte man mehr Zeit zum Nachjustieren geknüpft hätte man bessere Ergebnisse bekommen.