

Auswertung

Laser A

Carsten Röttele Stefan Schierle

Tatsächliches Versuchsdatum: 09. 07. 2012

Inhaltsverzeichnis

1 Brewsterwinkel	2
1.1 Brewster-Fenster	2
1.2 Brechungsindex aus Brewsterwinkel	2
2 Beugung am Spalt, Steg, Kreisloch, Kreisblende und Kante	2
2.1 Beugung am Spalt	2
2.2 Beugung am Steg	4
2.3 Kreisöffnung, Kreisscheibe, Kante	4
2.4 Haardurchmesser	5
3 Beugung an Mehrfachspalt und Gittern	6
3.1 Doppelspalt	6
3.2 Beugung an Doppel und Dreifachspalt	8
3.3 Gitterkonstante	9
3.4 Kreuz- und Wabengitter	10
4 Abbildung nicht selbst leuchtender Gegenstände	11
5 Holographie	11

1 Brewsterwinkel

1.1 Brewster-Fenster

Wir stellten das Brewster-Fenster so ein, dass eine möglichst maximale Intensität des Laserstrahles an der Wand sichtbar wird. Durch die anschließenden minimalen Änderungen des Winkels und den Auswirkungen am erzeugten Bild kann man sagen, dass die in der Vorbereitung aufgestellten Behauptungen richtig waren. Änderte man den Winkel des Brewster-Fensters nur minimal so nahm die Intensität des Lasers rapide ab.

Wir ermittelten einen Brewsterwinkel von $\theta_B = 49,8^\circ$ für die Brewster-Fenster.

1.2 Brechungsindex aus Brewsterwinkel

Nun sollte mit Hilfe des Brewsterwinkels den Brechungsindex von Glas bestimmen, indem wir den Brewsterwinkel bestimmten. Hierfür muss jedoch der Versuchsaufbau leicht verändert werden, da die Glasscheibe hierfür hinter dem Resonatorfenster angebracht werden muss. Wir veränderten den Winkel der Scheibe solange, bis ein Minimum des reflektierten p-polarisierten Strahls erreicht wurde. Wir führten nur diese Messung durch, da, wie in der Vorbereitung schon erwähnt, eine Maximabestimmung mit bloßem Auge sehr ungenau ist und bei der Messung mit der Photozelle Intensitätsschwankungen auftraten, was eine genaue Winkelmessung nicht ermöglichte.

Somit erhielten wir $\theta_B = 58,5^\circ$ für den Brewsterwinkel. Mit diesem Winkel und der aus dem Snellischen Brechungsgesetz hergeleiteten Formel zur Berechnung des Brewsterwinkels lässt sich nun die Brechzahl von Glas bestimmen, da die von Luft ($n_L \approx 1$) bekannt ist.

$$\begin{aligned}n_{\text{Glas}} &= n_{\text{Luft}} \cdot \tan \theta_B \\ &= 1,63\end{aligned}$$

Dies ist ein reell möglicher Wert des Brechungsindex für Glas, da jedoch kein Literaturwert oder die genaue Glassorte angegeben ist bleibt hier ein Vergleich mit möglichen Literaturwerten aus.

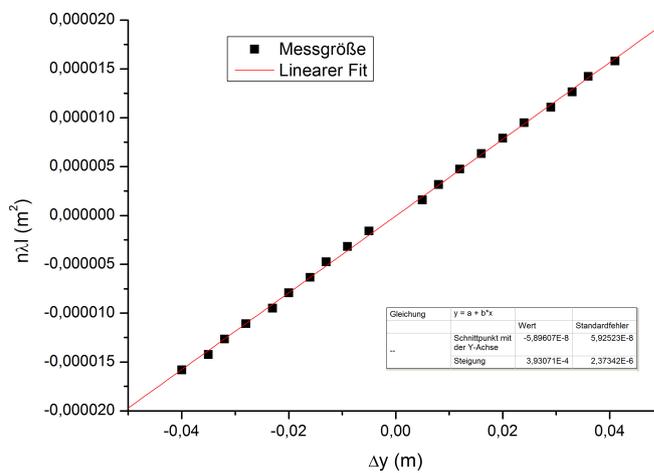
2 Beugung am Spalt, Steg, Kreisloch, Kreisblende und Kante

2.1 Beugung am Spalt

Bei dieser Aufgabe haben wir das Laserlicht durch einen Einzelspalt geschickt und auf einem Schirm das Interferenzmuster betrachtet. Mit Hilfe von Millimeterpapier auf dem Schirm haben wir nun die verschiedenen Maxima und Minima aufgezeichnet. Für die Berechnung der Spaltbreite haben wir die Minima benutzt, da diese leichter abzulesen waren. Zudem befand sich der Schirm in einem Abstand von 2,50 m von dem Spalt (dies gilt auch für die späteren Aufgabenteile). Wir erhielten dadurch folgende Messwerte für die Abstände in Abhängigkeit der Ordnung der Minima:

Ordnung des Minimum	Abstand der Minima
--	mm
1	5
2	8
3	12
4	16
5	20
6	24
7	29
8	33
9	36
10	41
-1	-5
-2	-9
-3	-13
-4	-16
-5	-20
-6	-23
-7	-28
-8	-32
-9	-35
-10	-40

Um nun die gesuchte Spaltbreite bestimmen zu können, haben wir die Hilfsgröße $n \cdot \lambda \cdot l$ über den Abstand der Maxima Δy aufgetragen, sodass wir durch einen linearen Fit mit unserem Plotter Origin direkt mit der Geradensteigung die Spaltbreite bestimmt haben. Für die Wellenlänge des Lasers benutzen wir den angegebenen Wert von $632,8 \text{ nm}$. Wir erhielten folgendes Schaubild:



Wir erhalten eine Geradensteigung von $b = 3,93 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0,393 \text{ mm}$. Dies ist verglichen mit dem angegebenen Wert von $0,3 \text{ mm}$ eine Abweichung von 30%. Diese lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass das Ablesen der Werte in vielerlei Hinsicht schwierig

war, da wir einmal die Minima und Maxima nur einkreisen konnten, was natürlich zu einem größeren Fehler führt. Andererseits war es auch nicht einfach die Punkte direkt zu treffen und sie einzuzichnen aufgrund des Versuchsaufbaus, da man beim Einzeichnen darauf achten musste nicht in den Laserstrahl zu kommen. Zudem sind die Angaben der Spaltbreite auch schon fehlerbehaftet.

2.2 Beugung am Steg

Wie schon in der Vorbereitung erwähnt, haben wir ein gleiches Beugungsbild wie beim Einzelspalt erwartet. Diese Annahme wurde auch zum größten Teil bestätigt.

Allerdings konnten wir auch wenige Unterschiede erkennen. So war das Bild in der Mitte genauer im Vergleich zum Einzelspalt, denn wir konnten 2 Maxima mehr erkennen. Außerdem gab es eine minimale Abweichung auf der rechten Seite bei den Minima, was aber wahrscheinlich eher damit zusammenhängt, dass wir das Millimeterpapier verschieben mussten und dass wie bereits schon oben erwähnt die Einzeichnung der Minima auch schon ungenau war.

2.3 Kreisöffnung, Kreisscheibe, Kante

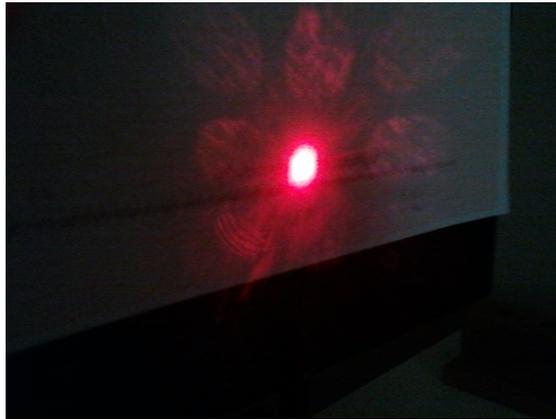
Im nächsten Aufgabenteil sollten die verschiedenen Beugungsbilder von einer Kreisöffnung, einer gleichgroßen Kreisscheibe und einer Kante betrachtet werden.

Bei der Scheibe konnten wir kein schönes Interferenzmuster sehen. Nur wenn wir ganz genau hingeschaut haben, konnten wir bei den niederen Ordnungen Interferenzkreise erkennen und auch den Poissonschen Fleck in der Mitte, der wie bereits schon in der Vorbereitung erwähnt dadurch entsteht, dass in der Mitte konstruktive Interferenz vorherrscht, weil alle Punkte am Rand der Scheibe den gleichen Abstand zur optischen Achse haben.

Bei der Lochblende erhielten wir dagegen ein viel schöneres Kreismuster, die Interferenzringe waren deutlich erkennbar und auch der Poissonsche Fleck war gut sichtbar.

Mit der Kante wurde es wieder schwieriger ein deutliches Interferenzmuster zu erkennen, da es stark verschwommen war. So konnte man nach wenigen Ordnungen nur noch einen Strich sehen.

Wir haben versucht das Beugungsbild zu fotografieren, jedoch hatte dies nicht den gewünschten Erfolg, da unsere Kamera zu stark fokussierte. Das beste Bild war noch das folgende, das wir bei der Kreisscheibe aufgenommen haben:



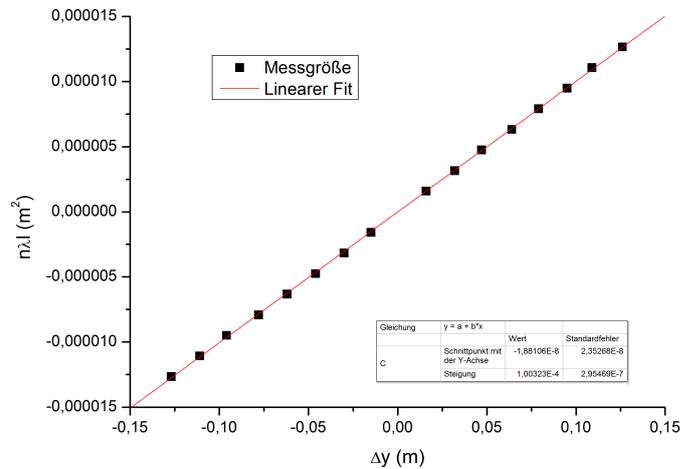
Interferenzbild einer Kreisscheibe

2.4 Haardurchmesser

Wie schon in der Vorbereitung erwähnt, können wir bei diesem Versuchsteil ausnutzen, dass ein Haar das gleiche Interferenzmuster, wie ein Einzelspalt erzeugt, weshalb wir gleich wie im Aufgabenteil 2.1 vorgegangen sind und das Beugungsbild aufgezeichnet haben. Wir haben hierbei folgende Messwerte erhalten:

Ordnung	Abstand mm
1	16
2	32
3	47
4	64
5	79
6	95
7	109
8	126
-1	-15
-2	-30
-3	-46
-4	-62
-5	-78
-6	-96
-7	-111
-8	-127

Auch hier haben wir wieder die Breite des Haares über eine lineare Regression bestimmt:



Wir erhalten demnach für den Durchmesser des Haares einen Wert von $d = 1,00 \cdot 10^{-4} m = 100 \mu m$. Außerdem haben wir noch die Dicke des Haares direkt mit einer Mikrometerschraube gemessen, wodurch wir auf einen Wert von $d_{Schr} = 60 \mu m$ kamen. Diese relativ große Abweichung kommt zum einem von den gleichen Ungenauigkeiten wie im Aufgabenteil 2.1 und zum anderen muss hier auch ein Fehler bei der Mikrometerschraube mit eingerechnet werden, da es schwierig war genau den richtigen Druck einzustellen, damit das Haar nicht gequetscht wird.

3 Beugung an Mehrfachspalt und Gittern

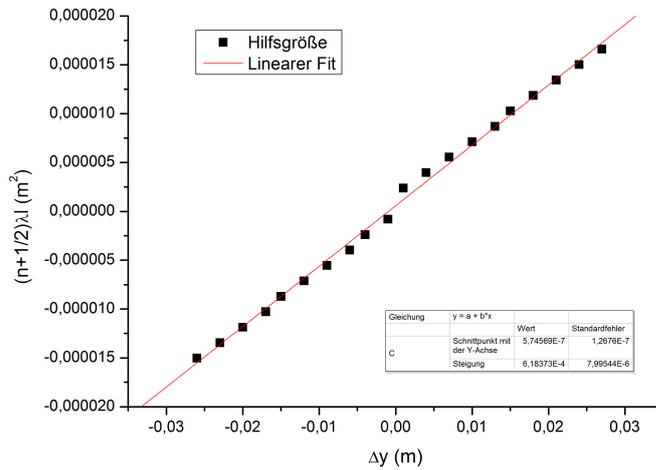
3.1 Doppelspalt

Auch in diesem Aufgabenteil haben wir im Prinzip die gleiche Messung wie in Aufgabenteil 2.1 durchgeführt, nur dass wir das Laserlicht durch einen Doppelspalt geschickt haben. Da wir hier sowohl die Spaltbreite b , als auch den Spaltabstand d bestimmen sollten, mussten wir hier zwei Messungen durchführen. Für die Spaltbreite mussten wir dabei einen Spalt abdecken.

- **Spaltabstand** Wir haben zuerst den Spaltabstand d bestimmt und dabei wieder die Minima zu der jeweiligen Ordnung gezählt:

Ordnung	Abstand
	mm
1	1
2	4
3	7
4	10
5	13
6	15
7	18
8	21
9	24
10	27
-1	-1
-2	-4
-3	-6
-4	-9
-5	-12
-6	-15
-7	-17
-8	-20
-9	-23
-10	-26

Hier müssen wir jetzt aufpassen, dass die Minima nicht mehr bei einem ganzzahligen Vielfachen von der Wellenlänge liegen, sondern bei $(n+\frac{1}{2})$ liegt. Dies müssen wir bei unseren y-Werten im Graphen berücksichtigen, wodurch wir erhalten:



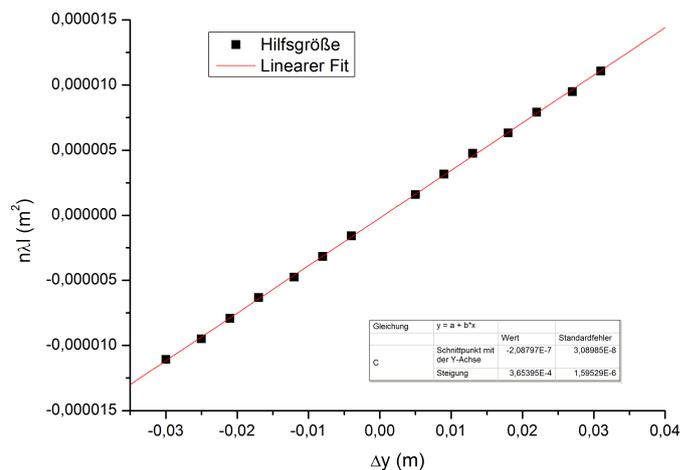
Origin liefert uns also einen Wert für den Spaltabstand von $d = 6,18 \cdot 10^{-4}m = 0,618mm$. Auch hier erhalten wir eine relativ große Abweichung von etwa 18%

verglichen mit dem gegebenen Wert $0,75\text{mm}$. Die Fehler bleiben die gleichen wie in den vorherigen Aufgaben.

- **Spaltbreite** Wie bereits oben erwähnt, haben wir jetzt für die Bestimmung der Spaltbreite einen Spalt abgedeckt. Natürlich haben wir wieder die Minima aufgezeichnet und erhielten folgende Werte:

Ordnung	Abstand
	mm
1	5
2	9
3	13
4	18
5	22
6	27
7	31
-1	-4
-2	-8
-3	-12
-4	-17
-5	-21
-6	-25
-7	-30

Da wir hier ja wieder nur einen Spalt haben, brauchen wir wieder die Formel aus Aufgabenteil 2.1 für das Auftragen im Schaubild. Wir erhielten:



Wir erhalten also eine Spaltbreite von $b = 3,65 \cdot 10^{-4}\text{m} = 0,365\text{mm}$, was verglichen

mit dem angegebenen Wert von $0,25mm$ auch wieder eine sehr große Abweichung darstellt. Neben den schon genannten Fehler, muss hier natürlich noch beachtet werden, dass es nicht ganz einfach war den Spalt mit Alufolie abzudecken, so dass es sein kann, dass das Beugungsbild des anderen Spalt durch den eigentlich abgedeckten Spalt auch noch mit beeinflusst wurde.

3.2 Beugung an Doppel und Dreifachspalt

Hier sollten wir in **a)** die Interferenzmuster zweier Doppelspalte mit gleicher Spaltbreite ($b = 0,25mm$), aber unterschiedlichem Spaltabstand ($d = 0,5mm$ und $d = 0,75mm$) vergleichen.

In Teil **b)** sollte nun der Vergleich der Interferenzmuster eines Dreifachspaltes mit den Abmessungen $b = 0,25mm$ und $d = 0,5mm$ mit dem Doppel mit gleichen Spaltmaßen erfolgen.

a) Doppelspalte:

Beim Vergleich der beiden Doppelspalte fiel uns sofort auf, dass der Doppelspalt mit geringerem Spaltabstand weniger Maxima auf dem Schirm erzeugte. Dies deckt sich mit den von uns bereits in der Vorbereitung geäußerten Erwartungen.

b) Doppel- und Dreifachspalt:

Beim Interferenzmuster des Dreifachspaltes konnten wir die erwarteten schwächeren Nebenmaxima relativ gut mit dem Auge erkennen somit waren wiederum gesamt mehr Intensitätsmaxima und -minima auf dem Schirm zu erkennen, als beim Doppelspalt mit gleichen Abmessungen. Auch dies stimmt mit den von uns getroffenen Vorhersagen überein.

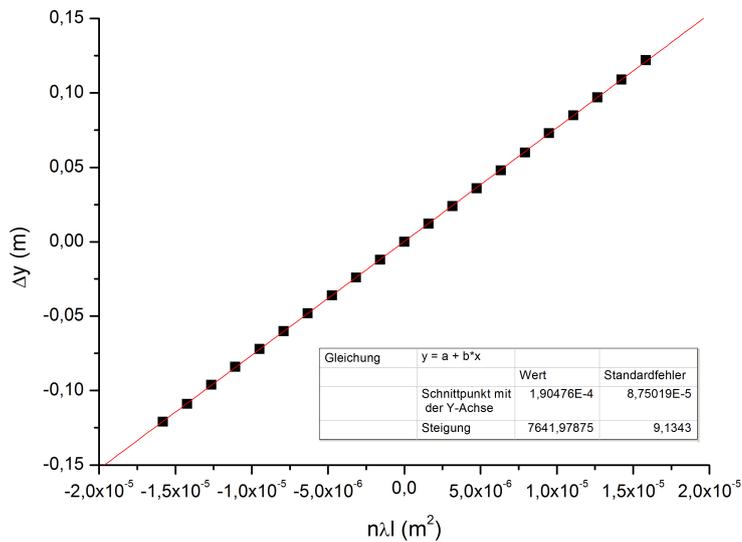
3.3 Gitterkonstante

Zur Bestimmung der Gitterkonstanten erzeugten wir wieder ein Interferenzmuster auf dem Schirm, das wir anschließend auswerteten. Hierzu sollte noch erwähnt werden, dass wir die Gleichung der Vorbereitung für die Gitterkonstante hierfür geschickt umstellten, damit eine Auftragung in einem Graphen Sinn macht.

$$\frac{1}{g} = \frac{n \cdot \lambda \cdot l}{y}$$
$$\Rightarrow y = g \cdot n \lambda l$$

Hierbei sind $\lambda = 632,8nm$, l der Abstand des Schirmes vom Gitter und n die Beugungsordnung.

Mit Hilfe von Origin trugen wir die ersten zehn Ordnungen in einem Diagramm auf, aus dem wir die Gitterkonstante als Steigung ermitteln konnten. Für diese Berechnungen verwendeten wir die Maxima bis zur Ordnung ± 10 .



Ordnung	Abstand
	mm
0	0
1	12
2	24
3	36
4	48
5	60
6	73
7	85
8	97
9	109
10	122
-1	-12
-2	-24
-3	-36
-4	-48
-5	-60
-6	-72
-7	-84
-8	-96
-9	-109
-10	-121

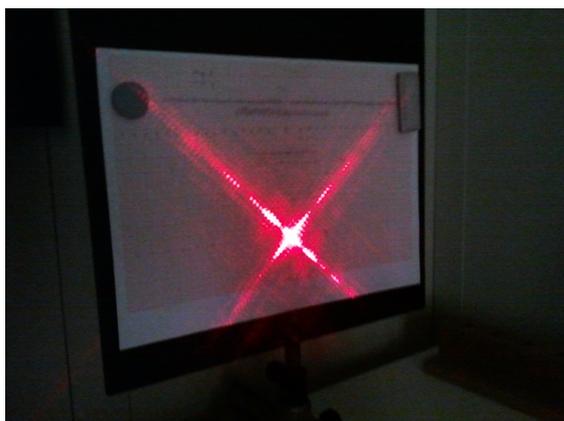
Graph zur Bestimmung der Gitterkonstanten g

Abgelesene
Maximawerte

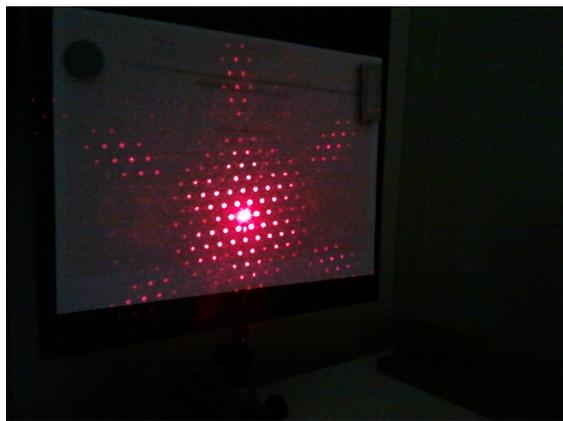
Aus dem Graphen erhalten wir nun die Gitterkonstante in $\frac{1}{m}$. Diese lässt sich nun auch schreiben als $g = 76,42 \frac{1}{cm}$, was verglichen mit dem angegebenen Wert von $g_{theo} = 100 \frac{1}{cm}$ auch wieder eine große Abweichung darstellt. Auch hier sind natürlich auch wieder vor allem die Ablesefehler für die Abweichung verantwortlich.

3.4 Kreuz- und Wabengitter

Hier sollten wir das Interferenzmuster eines Kreuzgitters und eines Wabengitters untersuchen. Hierfür setzten wir die jeweiligen Gitter in die Versuchsanordnung ein. Nach den Erwartungen der Vorbereitung müssten wir hier eine Überlagerung mehrerer Gitter in unterschiedlichen Richtungen sehen.



Interferenz - Zweidimensionales Gitter



Interferenzmuster des Wabengitters

Man kann schön am Interferenzmuster des zweidimensionalen Gitters sehen, dass die oben genannte Überlagerung stattfindet, da hier ein Interferenzmuster von zwei Spaltgittern, die senkrecht zueinander stehen abgebildet wird. Das Wabengitter erzeugt auch ein Interferenzmuster annähernd in Wabenform, da die Kanten der Wabe für dieses verantwortlich sind. Hierbei entstehen verschiedenste Überlagerungen der von den Kanten ausgehenden Strahlen.

Auch hier ist eine weitere Diskussion der Bilder nicht möglich, da deren Qualität sich hierfür nicht eignet. Beim normalen Gitter waren noch leicht die Minima zu erkennen, diese konnte der Foto leider nicht auflösen.

4 Abbildung nicht selbst leuchtender Gegenstände

Hier nutzten wir den bereits wie in der Aufgabenstellung beschriebenen und schon aufgebauten Versuch. Wir konnten beobachten, wie durch Verändern der Blendengröße unterschiedlich viele Ordnungen durchgelassen und am Schirm erkennbar waren. Bei enger Blendenstellung wurde nur die nullte Ordnung des Interferenzmusters des Gitters auf dem Schirm abgebildet. Bei weiter geöffneter Blende konnte man je nach Grad der Öffnung höhere Ordnungen erkennen, wie es in der Vorbereitung bereits vorhergesagt wurde. Es bleibt anzumerken, dass wir nicht genau sagen konnten, ob das erste erkennbare Maximum wirklich von nullter Ordnung war, da durch die Blende bei der niedrigsten erkennbaren Ordnung nur ein verschwommenes Abbild an den Schirm geworfen wurde.

5 Holographie

Wir erzeugten ein Hologramm, indem wir die Hologrammplatte mit einem durch eine Linse aufgeweiteten Laserstrahl beleuchteten. Nun konnten wir das virtuelle dreidimensionale Bild ansehen, wenn man in das Hologramm hinein schaut. Durch Ändern des Blickwinkels kann man das dargestellte Auto aus unterschiedlichen Richtungen betrachten und somit waren bisher verdeckte Bildelemente zu sehen. Daher kann man sagen, dass ein dreidimensionales Bild erzeugt wurde. Hält man einen Schirm dahinter, so lässt sich das reelle Bild zweidimensional darauf abbilden.

Bei diesem Versuch mit Laserlicht war im Hologramm ein Oldtimer-Feuerwehrauto zu sehen.

Außerdem beobachteten wir auch noch ein Weißlichthologramm, das wir mit weißem Licht aus einer Bogenlampe beleuchteten. Hierbei war dann sogar eine minimale Farbänderung des Bildes zu erkennen, wenn man den Blickwinkel variierte. Hier war ein weiteres Oldtimer-Auto zu sehen.