

Fakultät für Physik der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Fortgeschrittenenpraktikum I in Experimentalphysik - Kurs P3A

Blockpraktikum vom 01. bis 31. März 2021

Name:	Yundong Sun	Gruppe:	14
-------	-------------	---------	----

Datum	Versuch	Punkte	Testat
	1 Mikroskopie@Home Mikroskopie mit dem Foldscope		
10 MAR 2021	2 BEU - Beugung		
2. MAR 2021	3 LAS - Lasersicherheit		
	4A INP - Interferenzphänomene		
	4B MIN - Michelson-Interferometer		
	4D FPI - Fabry-Pérot-Interferometer		
4 MAR 2021	4E MZI - Mach-Zehnder-Interferometer		
	5B LLA - c-Messung/Lambertscher Strahler		
	5C POL - Polarisation		
	5D SPG - Spektrogoniometer		
8 MAR 2021	5E FFR - Fresnelsches Gesetz der Reflexion		

Unterschrift der/des
Studierenden:

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum auf.

8

zariert
elrand

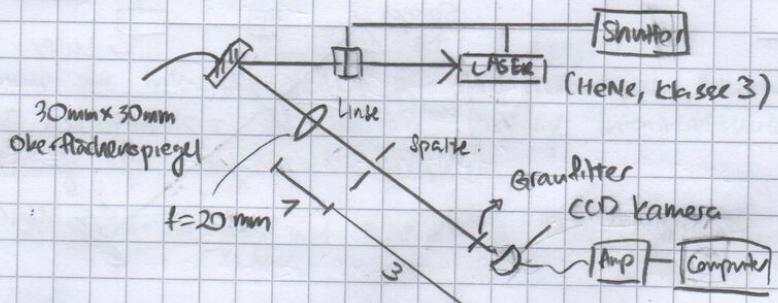
<Vorprofordl>

Teilversuch 0: Aufbau des Versuchs

Versuchsziel: Versuch aufbauen.

Messmethode: keine

Skizze:



Durchführung

- ① Aufbau erfolgt wie Skizze. Strahlentfernung soll bei 130 mm liegen.
- ② Beugungsbildet so platzieren, sodass die Abstand zwischen Beugungsbildet und Linse (Beugungsbildet und CCD) liegt bei 1:3
- ③ Um ~~eine~~ asymmetrisches Beugungsbild zu ~~verhindern~~ vermeiden, stelle sicher, dass Linse nicht zur Strahlergang verkippt ist.
- ④ Graufilter vor CCD setzen, um ~~die~~ eine Intensität im Messbereich der CCD Kamera zu erhalten. Bei richtige Justierung muss mindestens ein Graufilter mit Abschwächungsfaktor von 1,6 Rasterordnung plaziert sein.
- ⑤ Als Sanity Check: schirm verkrümmt vor der Kamera setzen, um das Bild zu befrachten.
- ⑥ Bei der Justierung soll das linigene Modus (256 Pixels) verwendet werden.

bei einer Messung jedoch das genüge Modus (1024 Pixels)

Optionale Fragen

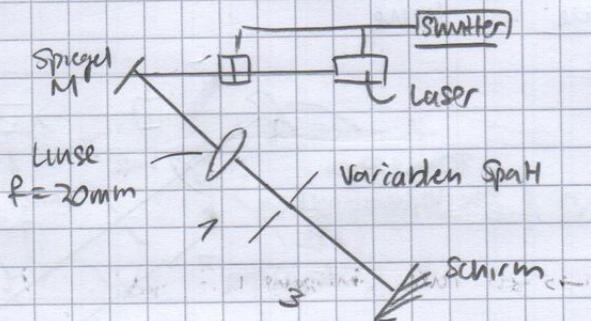
- ① Warum ist 1:3 Abstand zulässig? warum notwendig?
 - CCD hat begrenzte Auflösung. Linse muss Beugungsmuster ausdehnen?
- ② Warum ist die Messung bei 1024 Pixels besser, obwohl sie viel schlechter aussieht bzw. verrauschter ist?
 - Mit 1024 Pixels hat man mehr Auflösung und somit sieht man auch mehr Geräusch?
- ③ Wie kann man am Beugungsbild erkennen, ob ein Beugungsbild senkrecht zum Laserstrahl steht? Verkippe den Spalt ~~zum~~ Laserlicht, um das zu untersuchen.
 - Intensität soll linksrechts und oben/unten symmetrisch sein?

Teilversuch 1: Fraunhofer-Breugung am variablen Spalt Entfernungspunkt

Versuchsziel: Qualitative Untersuchung der Fraunhofer-Breugung am variablen Entfernungspunkt

Messmethode: Schirm

Skizze:



Durchführung:

- ① Baue Aufbau wie Skizze um.
- ② Der von der Linse aufgeweitete Laserstrahl symmetrisch auf die vertikalen, geschlossenen Spaltseitenenden richten.
- ③ Spaltbreite variieren und Intensitätsprofil beobachten.

Geplante Auswertung:

- Beobachtungen anhand folgender Gleichung erklären:

$$x_n = n \cdot \frac{r\lambda}{b} , \quad n \in \mathbb{Z} \quad \text{für } a \gg x$$

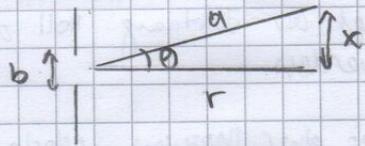
↑
Abstand von zentral Maxima zu Minima.

b: Spaltbreite.

r: Abstand von Spalt zu Schirm.

λ : Wellenlänge des Lichtes.

Nähungsweise: Minima äquidistant.



Teilversuch 2: Übergang von Fraunhofer- zu Fresnel-Breugung

Versuchsziel: Quantitative Untersuchung des Übergangs von Fraunhofer- zu Fresnel-Breugung.

Messmethode: CCD

Skizze: wie im TV1, aber CCD statt Schirm bzw.
wie im TV0, aber variable Spalt.

Durchführung:

- ① Beobachtungsschirm von TV1 durch CCD-Kamera ersetzen.

- ② Den Spalt öffnen und ~~vergrößern~~ Spaltbreite vergrößern, bis ~~der~~ der Übergang zwischen Routhofer- und Fresnel-Beugung gut ~~beobachtet~~ ist.
- ③ Mmelesteins 3 aussagekräftige Intensitätsverteilung für den Übergang aufnehmen.
- ④ Die Änderung der Intensitätsverteilung im Fall Fresnel'scher Beugung beobachten. Mmelesteins 3 aussage kräftige Intensitätsverteilungen zur Erklärung dieses Verhaltens aufnehmen.
 ↳ zwischen Übergang und Fresnel 3 Schritte aufnehmen?

Geplante Auswertung:

- Wie lässt sich am Intensitätsverlauf die Anzahl der beteiligten Fresnel-Zonen bestimmen?
- Parallel Befeuertung des Spalts annehmen und leite aus geometrischen Überlegungen die folgende Formel für den Radius R_m der m-ten Fresnelschen Zone ab:

$$R_m = \sqrt{m \cdot R \cdot \lambda}$$

Optional: Bruchteil Abstand vom Spalt zu drehenden Fernrohr (mit vom Spalt zum Schirm)
- Welche Spaltbreite ergibt sich sonst beim Aufspalten des Zentralmaximas des Routhoferschen Beugungsbildes in Q-Maxima, die durch ein Minima getrennt sind, die durch ein Maximum getrennt sind? Berechnen Sie diesen Wert. Ist er realistisch?

Teilvorach 3: Routhofer-Beugung am Einfallsspalt

Vorwissen: Die Breite b einer Einfallsspalte bestimmen.

Messmethode: CCD Kamera / MATLAB.

Skizze: Wie in Tho, mit Spalt der festen Breite $200\text{ }\mu\text{m} = 0,2\text{ mm}$.

Durchführung:

- ① Laserlicht auf den Spalt der festen Breite $0,2\text{ mm}$ ~~fest~~ justiert.
- ② Feststellen, dass Spalt senkrecht zum Laserstrahl steht. Der Laserstrahl trifft senkrecht auf, wenn der Strahl auf sich selbst (Punkt am Spiegel) reflektiert wird.
- ③ Ein möglichst symmetrisches Routhofer-Beugungsbild mit ausgedehnten Nebemaxima ~~aufnehmen~~ aufnehmen.

Auflösung: 2048 Pixel.

- ④ Abstand r zwischen CCD-Kamera und Spalt messen.
 Darauf $(18 \pm 2)\text{ mm}$ ~~aufkommen~~, um den Abstand von der Gehäuserrückseite abzuschneiden
 Der CCD Kamera ~~und~~ zum Sensor zu benutzen.

(Vor Ort Auswertung)

- ⑤ Mit Video cam Messwerte abspeichern
- ⑥ MATLAB starten und in Bereich Camera Folder : in den Ordner mit den Messwerten wechseln.

- ⑦ tempat Daten importieren.

- ⑧ $dx = \frac{28}{2048} \text{ mm} = \text{Abstand zwischen 2 Messpunkten}$.

⇒ MATLAB Kommando : $dx = 0.028/2048$

$$x = [dx/2 : dx : 0.028]$$

Mittel von
1. Pixel

→ ↑ ↑ ↑
Anfangswert delta letzter Wert

- ⑨ Curve Fitting Toolbox mit dem Befehl `fitool` aufrufen.

- ⑩ Fit Parameter in 'Fit Options' feststellen.

- Formel : $I(x) = a \left(\frac{\sin(\frac{\pi b}{\lambda r}(x-d))}{\frac{\pi b}{\lambda r}(x-d)} \right)^2 + c$ via `abs(c,d)`.

- Startwerte soll ungefähr die tatsächlichen Werte entsprechen.

- Wenn Fit nicht konvergiert, kann Konvergenz / Genauigkeit ohne einen großen Verlust in Genauigkeit ausgeschlossen werden.

Geplante Auswertung

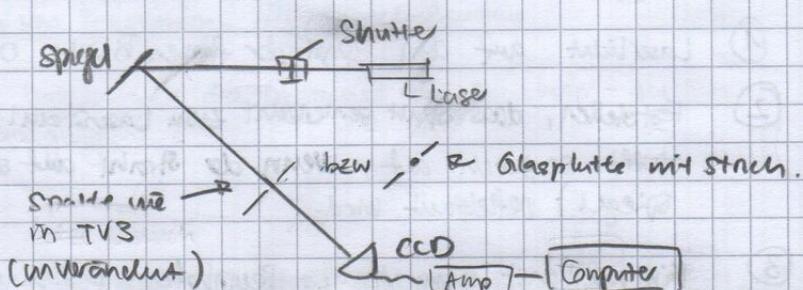
- Diskussion des Ergebnisses : mögliche Ursachen für Messunsicherheiten bei der Bestimmung der Spaltbreite

Teilversuch 4 : Babinet'sches Theorem

Versuchsziel : Qualitative Bestätigung des Babinet'schen Theorems.

Messmethode : CCD-Kamera .

Skizze :



wie TV3 aber ohne Linse

Durchführung.

- ① Entferne die Linse vom Versuchsaufbau.
- ② Nur ~~die~~ einer der der Bereiche neben dem Hauptmaximum aufnehmen \Rightarrow \uparrow Genauigkeit, Effekt besser sichtbar.
- ③ in Kriter "Referenz" das Beugungsbild des Spaltes als Referenzverteilung aufnehmen.
- ④ Gläserstückchen vorsichtig verschieben, so dass der Laserstrahl symmetrisch den Streifen beleuchtet. Der Abstand vom Diashalter zur CCD-Kamera bleibt gleich.
- ⑤ Im Kriter "Intensität I_1 " die Intensitätsverteilung des Strichs messen.
- ⑥ Vergleiche I_1 mit Referenzmessung.
- ⑦ Spiegel verdrehen, sodass Beugungsmuster in einiger Entfernung auf der Wand sichtbar ist. ~~Platzieren~~
Die Blende mit Beugungsobjekten verhandelter Loch und die dazu komplementäre, gleichgroße Scheibe im Laserstrahl platzieren.
- ⑧ Beugungsmuster betrachten.

Geplante Auswertung:

- Die Positionen bzw. Abstände der Minima bei Beugung am Streifen und Spalt.
- Qualitative Beobachtungen bei Betrachtung der Punkte und Lichthäuser erklären.

Teilversuch 5: Raumhalter - Beugung an Doppelspalt und Mehrfachspalt.

Versuchsziel: Qualitative Untersuchung des Beugungsmusters der ~~der~~ Doppel- und Mehrfachspalten.

Messmethode: Augenmaß / CCD - Kamera

Skizze: Wie TV 1 bzw. 4

Durchführung

- ① Doppelspalt im Laserstrahl nach der Linse einsetzen und Beugungsmuster beobachten.
- ② Schritt ① mit Mehrfachspalt

③ schafft ① und ② aber ohne Linse am der Wand (Entfernung)

Geplante Auswertung

- Quantitative Beschreibungen an Doppelpunkt und Mehrfachspalte Wmp

$$\begin{aligned} & \cancel{I(d) = \left[\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right) \cdot \sin\left(N \cdot \frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right) \right]^2} \\ & \cancel{I(d) = \left[\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right) \cdot \frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right)}{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right)} \right]^2} \\ & I(d) = \left[\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right) - \frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right)}{\sin\left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin\phi\right)} \right]^2 \end{aligned}$$

Winkel vom Zentrum, Einzelspalt, Mehrfachspalte.

erklären.

Teilversuch 6 : Fresnel - Beugung an der Kante

Versuchsaufgabe : Qualitative Betrachtung der Fresnelbeugung an einer Kante.

Messmethode : Augenmaß.

Stütze : wie TÜV aber Kante anstatt Spalte.

Durchführung :

- ① Linse wieder einbauen
- ② Intensitätsprofil (Gauß) zu einer Kante als Referenz messen
- ③ Bringt Kante ein. Im Reiter I_1 Beugungsbild vermessen.
↳ soll den halben Laserstrahl verdeilen.
→ Geeignete Kante: Maßstab für Strahlentfernung (etwas Schräg, unter 45° in den Strahl gebraucht)
- ④ zum Reiter transmission wechseln, um Messwerte zu interpretieren

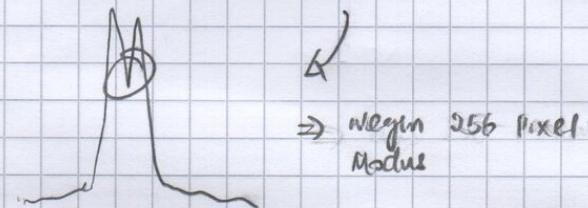
Geplante Auswertung

- Messung mit theoretisch erwarteten Verhalten vergleichen

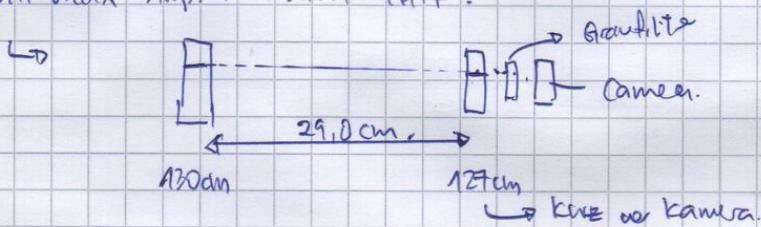
<Laserpektrograph>

Teilversuch 0: Aufbau

- CCD ist eine rote Sensor.
- Kamera geöffnet. man braucht bei dritter Laserstrahl $2,0 \pm 0,8 \pm 0,3$
Gratfilter.
- 256 Pixel Modus gilt \Rightarrow schnelle Reaktionszeit bei Justierung.
- Es gibt ein Affekt Artefakt bei $P_x > 0,24$.



- Laserstrahl leicht nach unten gekippt, so dass Laserstrahl Camera ~~mit~~ mit max. Amp. Intensität trifft.

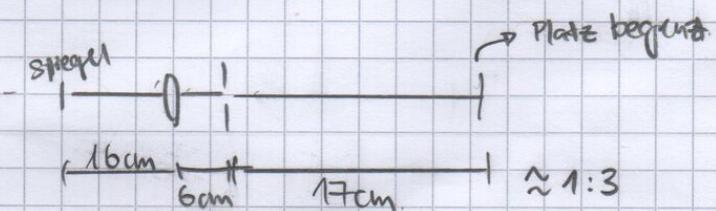


Fürstensatz

- Mit Linse: ~~Nur~~ weniger Gratfilter.

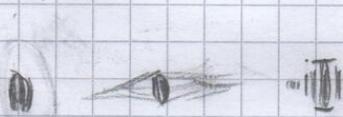
Teilversuch 1: Rauenhörn-Bewegung am variablen Entfernungspunkt.

- Linse 16 cm $\pm 0,5$ cm von Spiegel entfernt.
- Linse 6 cm $\pm 0,5$ cm von Spalt entfernt.
- Schirm 17 cm $\pm 0,5$ cm u " "



- Beobachtungen:

Breit



bischoen
größer

kleiner

weniger
Hellt

schmal

weniger
hell

immer mehr
ausgedehnt.

Minima
äquidistant

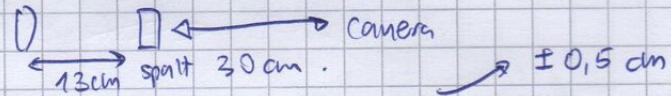
Teilversuch 2 : Übergang von Fraunhofer zu Rössel -Bragg-

nach Spiegel

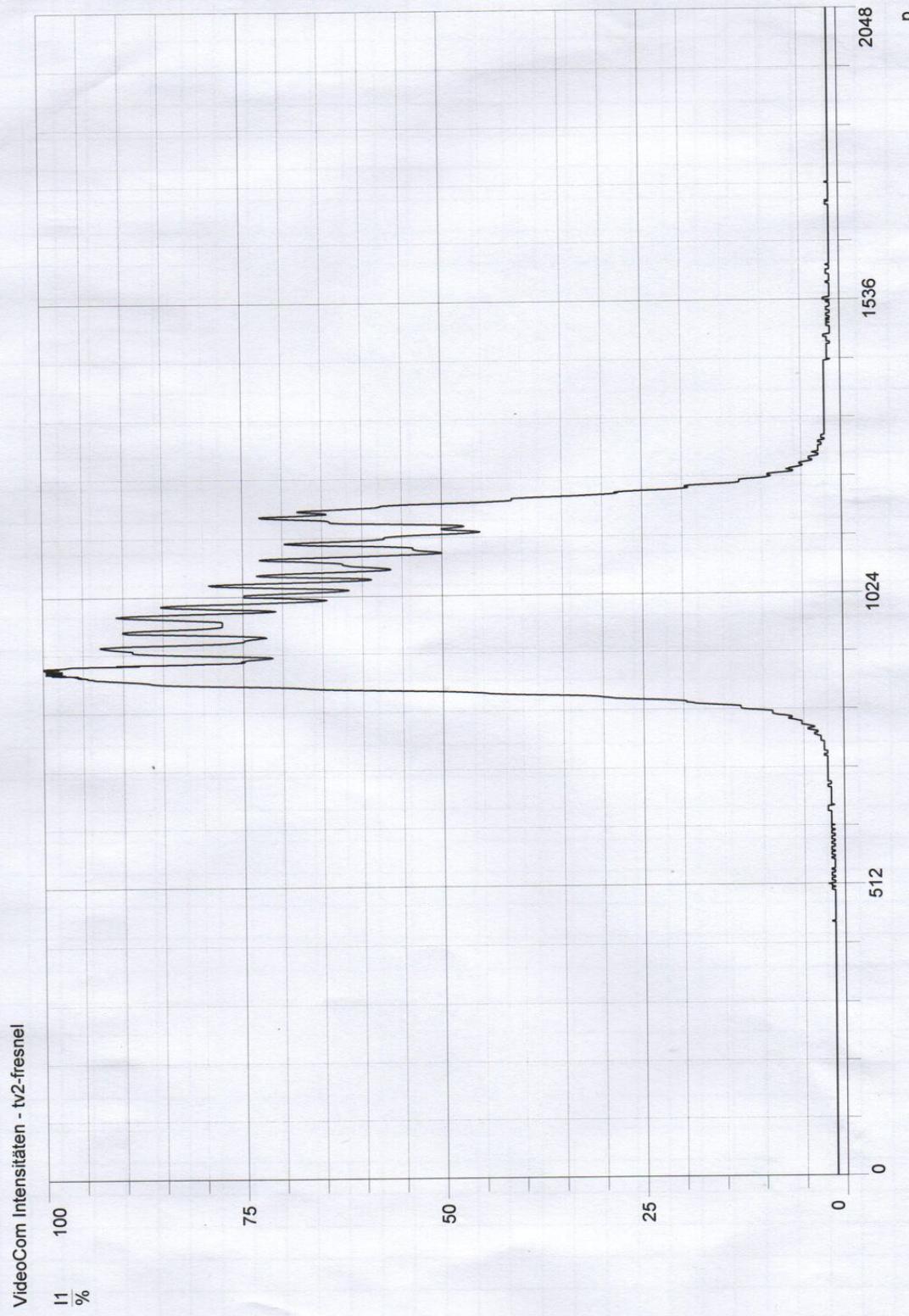
- Graupitter ~~ist~~ geschocken. ~~(0,0 + 4,0)~~ $(2,0 + 4,0)$

$0,3 + 0,3$

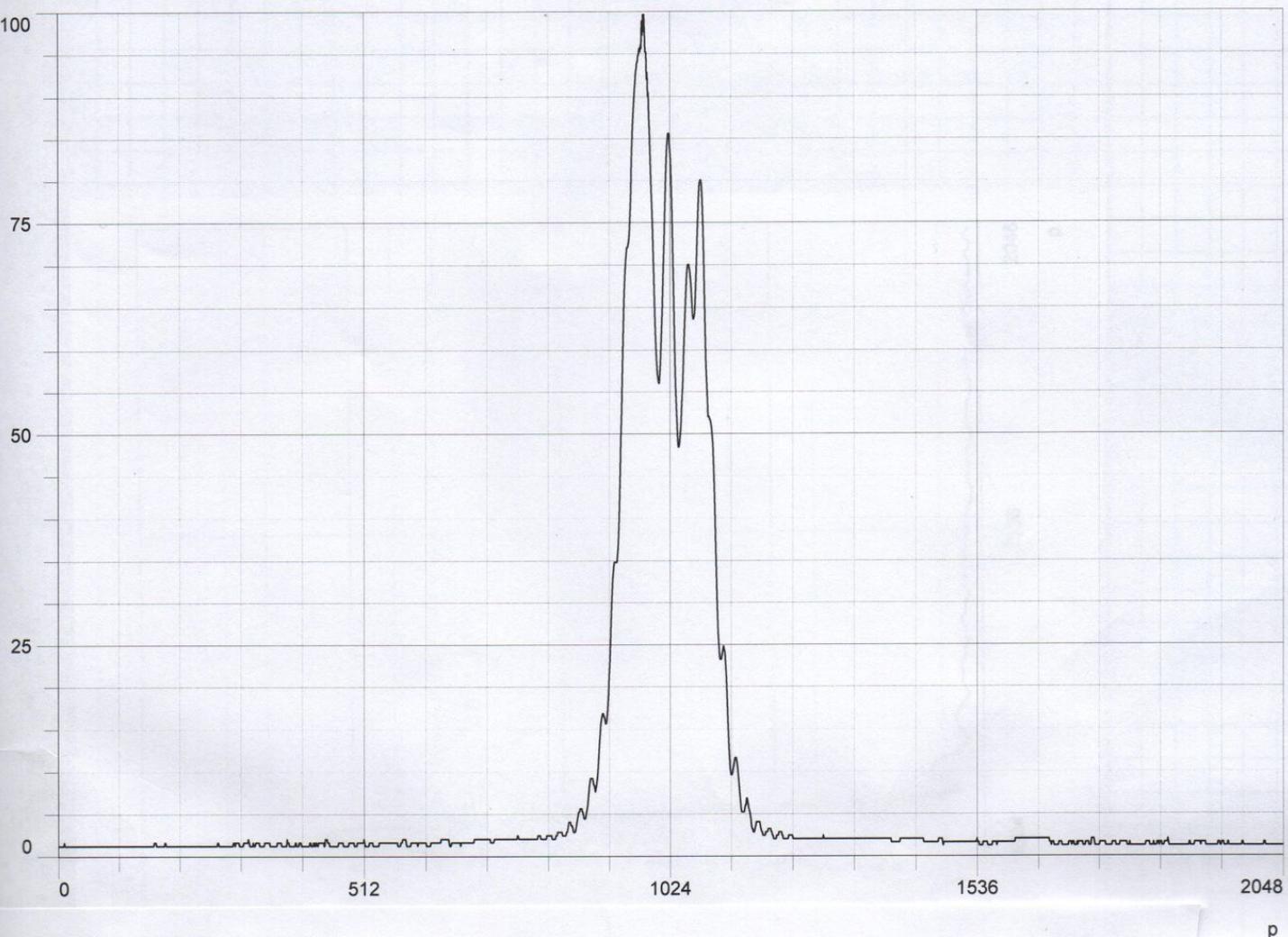
- Abstand von ~~Kunststoff~~



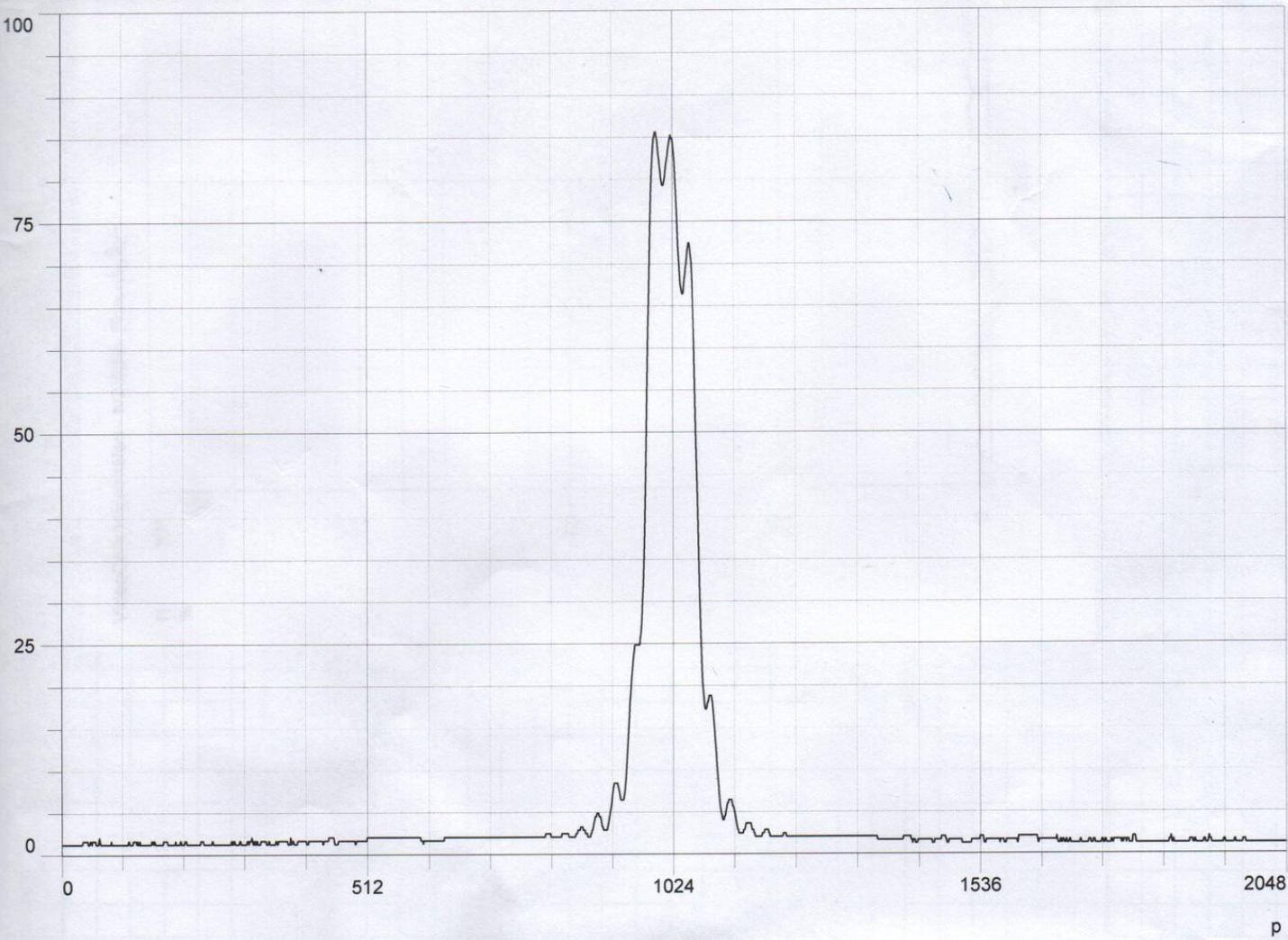
- Kamera verschieben, um gute Zentrum zu bekommen.
- $\lambda = 632,9 \text{ nm}$.



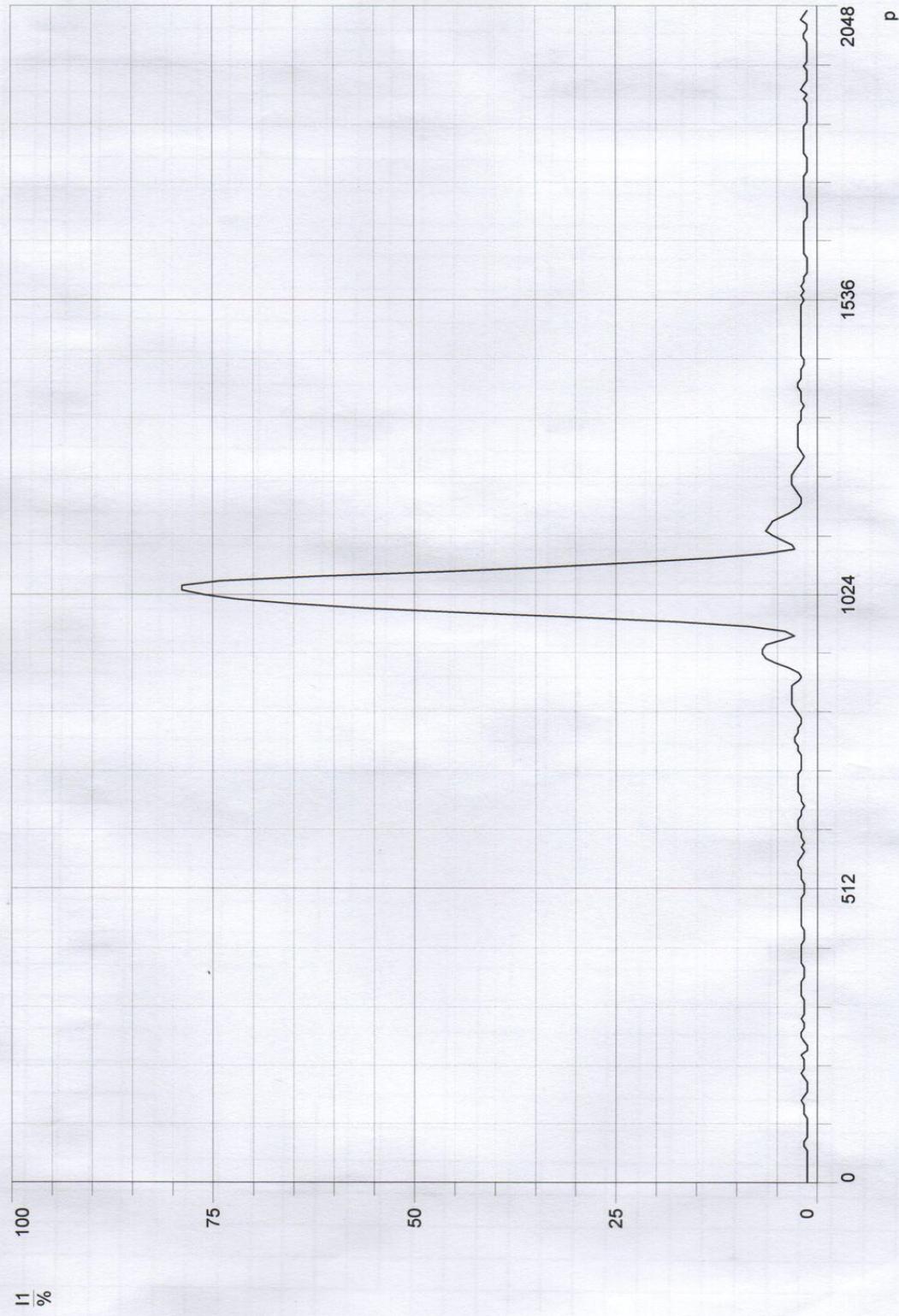
VideoCom Intensitäten - tv2-Übergang



VideoCom Intensitäten - tv2-Übergang-fraunhofer



Videocom Intensitäten - tv2-Mast Raumhoer



Teilversuch 3 Rauschfilter - Bezug am Einflusspunkt.

- Grußfilter: ~~2000~~ 2025 mit $1,9 \pm 2,0$.
- Abstand von Niere von Gläsern \approx Gehäuseende von Camen
 $= (31 \pm 1) \text{ cm}$.
 $\Rightarrow r \approx \text{ca. } 29 \text{ cm}$.

- $\Sigma 5$ bei 2048-Modus.
- Import Data, unter und obere Daten löschen

Octave:
x data: x
y data: VCINT2.
z data: none
weights: none

Custom Equation

$$y = f(x)$$

$$= a \cdot \sin^2\left(\frac{\pi b}{2r}(x-d)\right) + c$$

Fit Options:

Algorithm: Trust-Region

II: Start points:

$$\begin{aligned} a: & 60 & d: & 0.015 & \rightarrow \text{bowl } (0.01, 0.02) \\ b: & 0,0002 & r: & 0.29 & \rightarrow \text{bowl: } 0.25 \quad 0.35 \\ (0,60) \leftarrow c: & 1,8 & \lambda: & 6.768 \cdot 10^{-7} & \rightarrow \text{bowl: } 4.00e-9 \quad 7.00e-9 \end{aligned}$$

\Rightarrow Nach Fit:

$$a = 60,2 \quad (60; 60,4)$$

$$b = 2,149 \cdot 10^{-4} \quad (-46,56; 50,86) \cdot 10^{-4}$$

$$c = 1,424 \quad (1,398; 1,45)$$

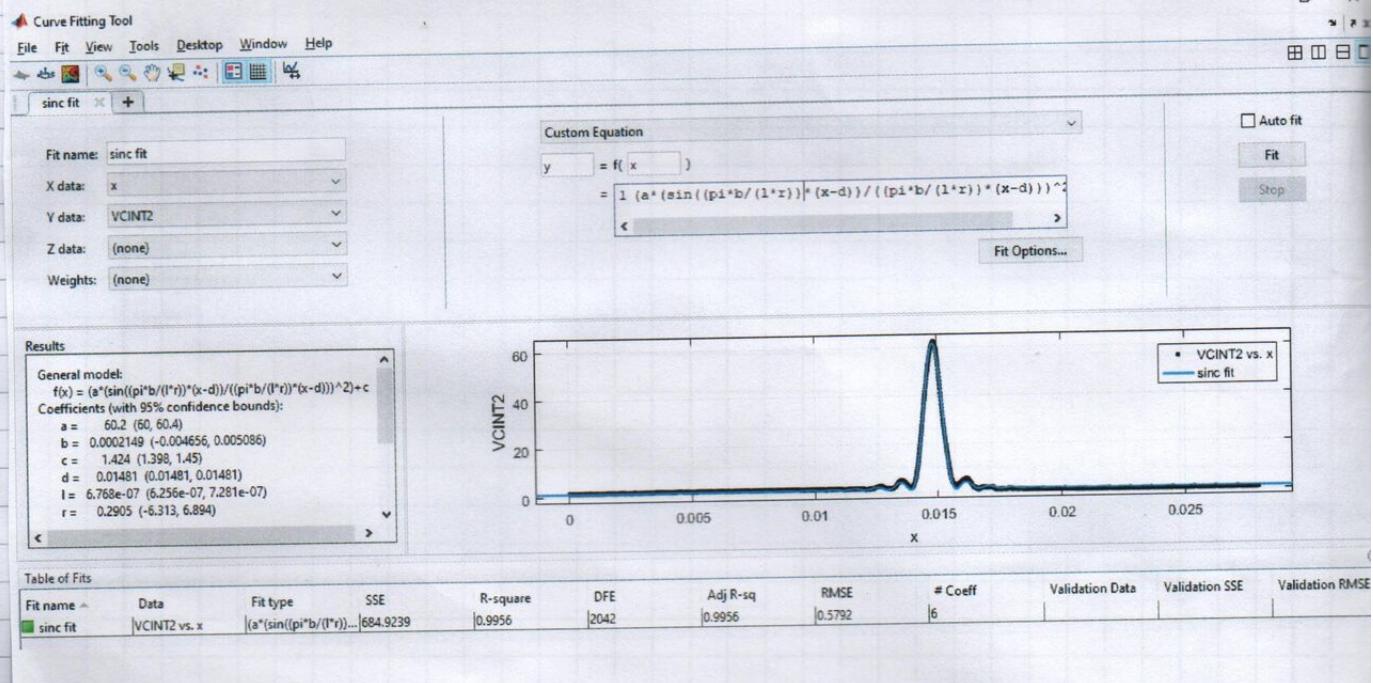
$$d = 0,01481 \quad (0,01481; -0,01481)$$

$$\lambda = 6,768 \cdot 10^{-7} \quad (6,256 \cdot 10^{-7}; 7,281 \cdot 10^{-7})$$

$$r = 0,2905 \quad (-6,313; 6,894)$$

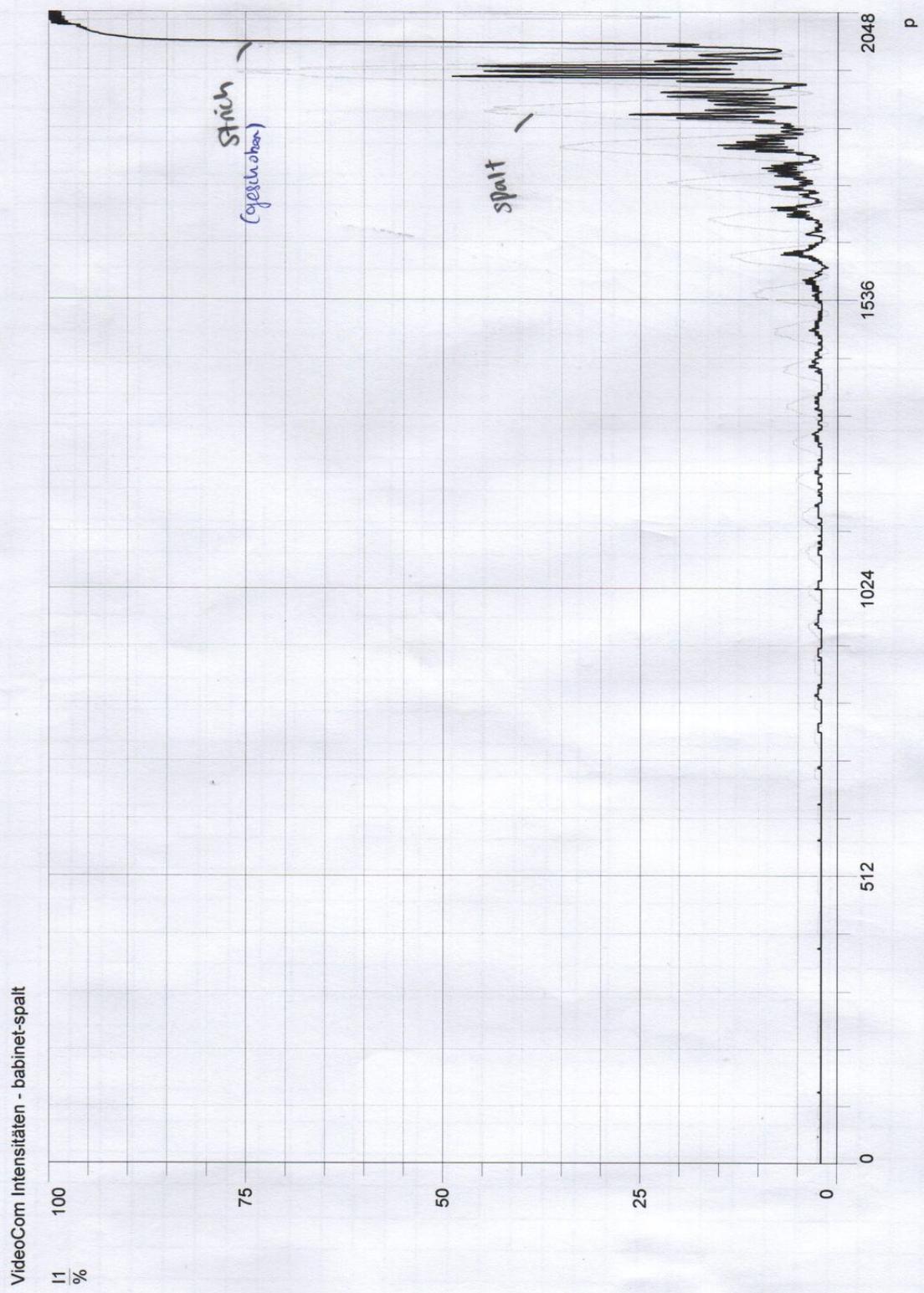
Da Variablen stark korreliert sind:

$$\frac{b_1}{r_1} = \frac{b_2}{r_2}$$



Teilversuch 4: Babinsches Prinzip

- Warum nur ~~ein Teil~~: neben Maxima: Da Hauptmaxima unterscheiden sich. ~~Prakt.~~
- Spalt: Gründler: $(2,0) + (0,3)$
↳ Referenz: 2048 Modus.
Stellung bei 2048 - Punkte.
- Strich: Gründler: $(3,0)$
• Kamera verschoben, sodass nur Nebenmaxima sichtbar sein.



* Bei der Strich war das Kamera geschoben, um die Abstände zu vergleichen / Maxima zur Referenz auszurichten.

• Loch 0,25 mm Durchmesser, auf der Wand.

- Siehe Auswertung für Bilder.
- sodass die Kamera den Laserstrahl nicht blockiert \Rightarrow Schräg aufgenommen
- Schirm war von Hand vor der Wand gehalten
- Schirm schräg zur Wand, sodass Laserstrahl möglichst senkrecht auf Schirm trifft \Rightarrow Beugungsmuster minimal verzerrt.

Blech

~~Teilversuch 5~~ Teilversuch 5: Röntgen-Bragg an Doppelspalt und Mehrfachspalt

Mehrfachspalt	$g = 0,25$	$b = 0,1$	(2 Spalte)	Photodurchsetzungs - Maximal Schramm wegen Zeitgränder,
	$g = 0,25$	$b = 0,1$	(3 Spalte)	
	$g = 0,25$	$b = 0,1$	(4 Spalte)	
	$g = 0,25$	$b = 0,1$	(5 Spalte)	

Doppelspalt
~~Einzelspalt~~: $(b = 0,2 \quad g = 0,25) \cup (b = 0,1)$

- Siehe Auswertung für Bilder.

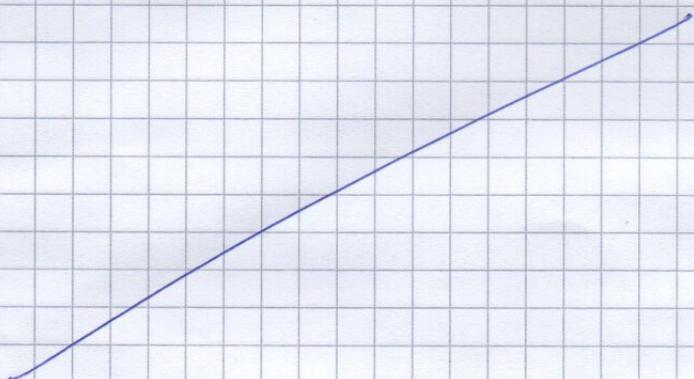
Doppelspalt

$$\begin{array}{ll} b = 0,2 & g = 0,25 \\ b = 0,1 & g = 0,2 \\ b = 0,1 & g = 0,15 \\ b = 0,1 & g = 0,1 \end{array}$$

Bilder: siehe Auswertung.

b = Spaltabstand

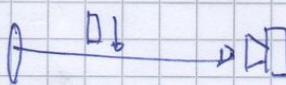
g = Gruppenkonstante.



Teilversuch 6 : Raster - Bildung an der Kante

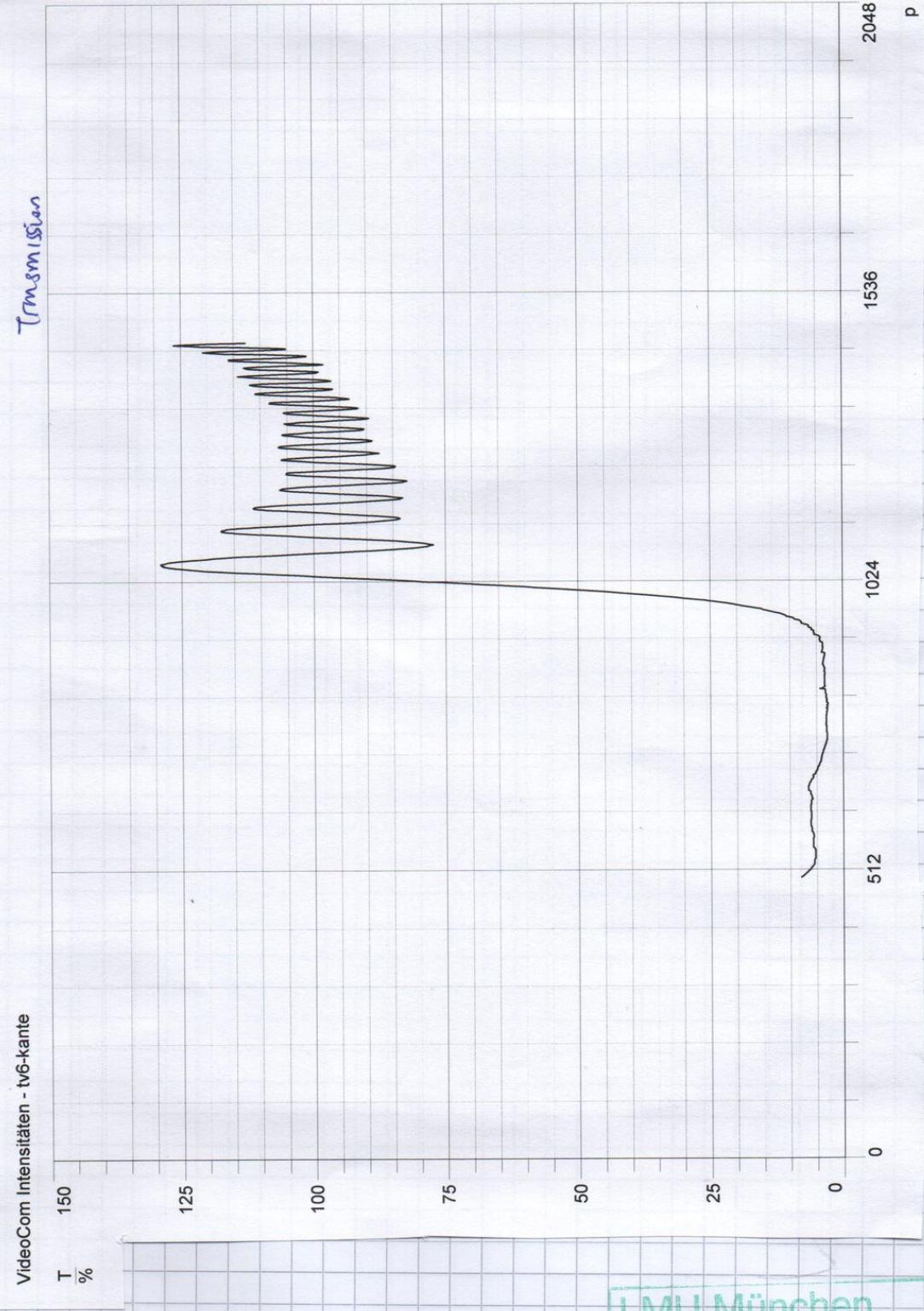
Gratfilter : 3,0.

Kante von Rechts von Camera ~~oben~~ gebraucht .



Vgl. 256 px mit 2048 px:

- 256 Modus \Rightarrow Alias-Effekt
- wir müssen 2048 px Modus verwenden.



LMU München
Physikalische Praktika

Versuch:	B 54
Datum:	10.03.2021
Betreuer:	Te