

# Protokoll

Beugung und Interferenz

zum Modul:  
Physikalisches Grundpraktikum 2

bei  
Prof. Dr. Heyne  
Nina Abmeier

am  
Fachbereich Physik  
**Freien Universität Berlin**



Ludwig Schuster (ludwig.schuster@fu-berlin.de)

Florian Conrad (florianc@zedat.fu-berlin.de)

(Gruppe 4)

12. Mai 2015 

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	das Huygensche Prinzip . . . . .	1
1.2	Beugung nach Fraunhofer . . . . .	1
1.3	Abbesche Theorie . . . . .	2
1.4	Beispiele für Beugungsdiagramme . . . . .	2
1.4.1	Doppelspalt . . . . .	3
1.4.2	Gitter . . . . .	3
1.4.3	Reflexion an einem Gitter . . . . .	4
1.5	Funktionsprinzip des He- Ne- Lasers . . . . .	4
1.6	Messgleichungen . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Experimenteller Aufbau und Geräte</b>	<b>6</b>
3.1	Aufbau . . . . .	6
3.2	Geräte . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Durchführung</b>	<b>7</b>
4.1	Generelle Durchführung . . . . .	7
4.2	Anm. Aufg. Einzel- /Doppelspalt . . . . .	7
4.3	Messung mit Reflexionsgitter . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Messwerte</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Auswertung</b>	<b>8</b>
6.1	Einzelspalte und Doppelspalt . . . . .	9
6.2	Reflexionsgitter . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>14</b>
8.1	Einzelspalte . . . . .	14
	Messwerte . . . . .	14
	Messwerte . . . . .	17
8.2	Doppelspalt . . . . .	19
	Messwerte . . . . .	19

## Abbildungsverzeichnis

1	Huygenssche Prinzip . . . . .	1
2	Gangunterschied am Einzelspalt . . . . .	2
3	Beugung am einfach Spalt . . . . .	2
4	Beugung am Gitter . . . . .	3
5	Aufbau . . . . .	6

## Tabellenverzeichnis

1	Bezeichnungen . . . . .	4
2	Abstände zur 0. Ord. . . . .	9
3	Einzelspalt 0,1 mm . . . . .	9
4	Einzelspalt 0,2 mm . . . . .	10
5	Messwerte Doppelspalt . . . . .	10
6	Musterwerte Doppelspalt . . . . .	11

## Literatur

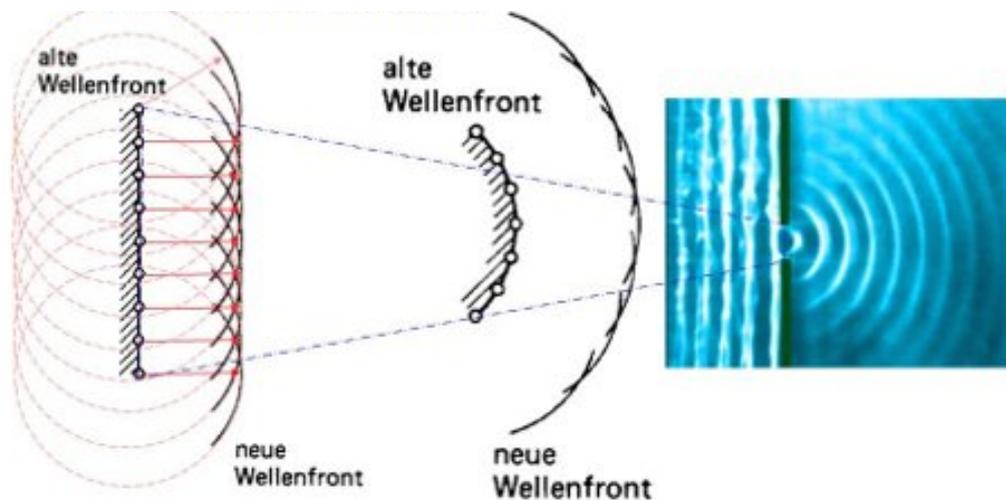
- [EKS06] EICHLER, Professor Dr. Hans J. ; KRONFELDT, Priv.-Doz. Dr. Heinz-Detlef ; SAHM, Professor Dr. J.: *Das Neue Physikalische Grundpraktikum*. Springer Berlin Heidelberg, 2006

# 1 Physikalische Grundlagen

Unter Beugung versteht man das Änderungsverhalten von Wellen durch ein Hindernis, wie zum Beispiel einen Spalt. Das Hindernis muss für das Zustandekommen von Beugung, die Größe der Wellenlänge haben. Durch Beugung können sich Wellen über den ganzen Raum ausbreiten.

## 1.1 das Huygensche Prinzip

Das Huygensche Prinzip besagt, dass jeder Punkt einer Wellenfront Ausgangspunkt einer neuen Welle ist. Diese neu entstehende Welle besitzt die Amplitude und Phase der Ausgangswelle und wird auch als Elementarwelle bezeichnet.



**Abbildung 1:** Veranschaulichung zum Huygensschen Prinzip. Jeder einzelne Punkt einer Wellenfläche ist der Ausgangspunkt einer neuen Elementarwelle (Kugelwelle) (Quelle: Foliensatz von Prof.Dr.H. Graßl<sup>1</sup>)

Das Berechnen von Amplitude und Phase der Elementarwellen geschieht in einem Aufpunkt und erfolgt durch Überlagerung von allen Elementarwellen, die sich in diesem Aufpunkt schneiden.

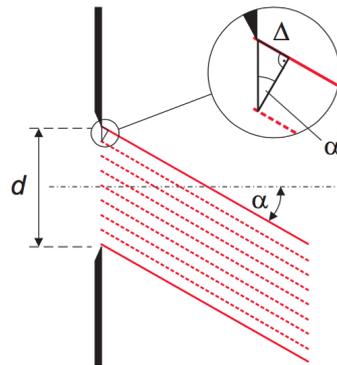
## 1.2 Beugung nach Fraunhofer

Ein Spezialfall der Beugung ist die Beugung nach Fraunhofer.

Dabei wird durch paralleles Licht (bzw. parallele Wellen) eine besondere Beugung produziert.

Als Fraunhofersches Beugungsdiagramm bezeichnet man die Intensitätsverteilung, welche sich für das Objekt im Strahlengang einstellt. Dieses Diagramm ist berechenbar durch eine Integration der Elementarwellen, die von der Öffnung des Objektes ausgehen.

<sup>1</sup><http://slideplayer.de/slide/1273492>



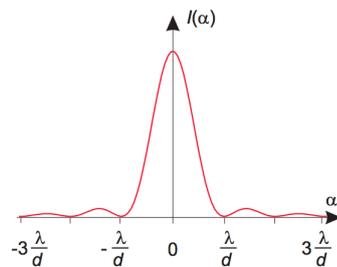
**Abbildung 2:** Veranschaulichung zum Gangunterschied am Einzelspalt. Durch den Abstand  $\Delta = \frac{d}{p} \sin \alpha$  sind die Strahlen nicht mehr in der selben Phase. (vgl. [EKS06] S. 416)

### 1.3 Abbescche Theorie

Wendet man das Huygensche Prinzip zweimal auf das gleiche Objekt an (das Objekt muss ebenfalls von parallelem Licht beleuchtet sein), so lässt sich die Abbildung dessen vollständig beschreiben. Hier zeigt sich das Fraunhofersche Beugungsdiagramm in der Brennebene der abbilden Linse ab. Die Abbescche Theorie besagt außerdem, dass mehr Bildinformationen übermittelt werden, je mehr Beugungsmaxima das untersuchte Objekt hat.

### 1.4 Beispiele für Beugungsdiagramme

Bei einem einfachen Spalt ergibt sich folgendes Diagramm



**Abbildung 3:** Beugung am Einfachspalt (vgl. [EKS06] S.416)

Folgende Funktion beschreibt das Diagramm.

$$I_{sp}(\sin \alpha) = b^2 \frac{\sin^2\left(\frac{\pi * b}{\lambda}\right) * \sin(\alpha)}{\left(\left(\frac{\pi * b}{\lambda}\right) * \sin(\alpha)\right)^2} \tag{1}$$

Diese Gleichung hat ihre Nullstellen wenn folgendes gilt.

$$\sin(\alpha) = \pm n * \frac{\lambda}{b} \tag{2}$$

### 1.4.1 Doppelspalt

Berücksichtigt man Gleichung 2 und ebenfalls das Zusammenwirken der beiden Spalte mit ihrem gegebenen Abstand  $d$  zu einander, dann erhalten wir die folgende Gleichung:

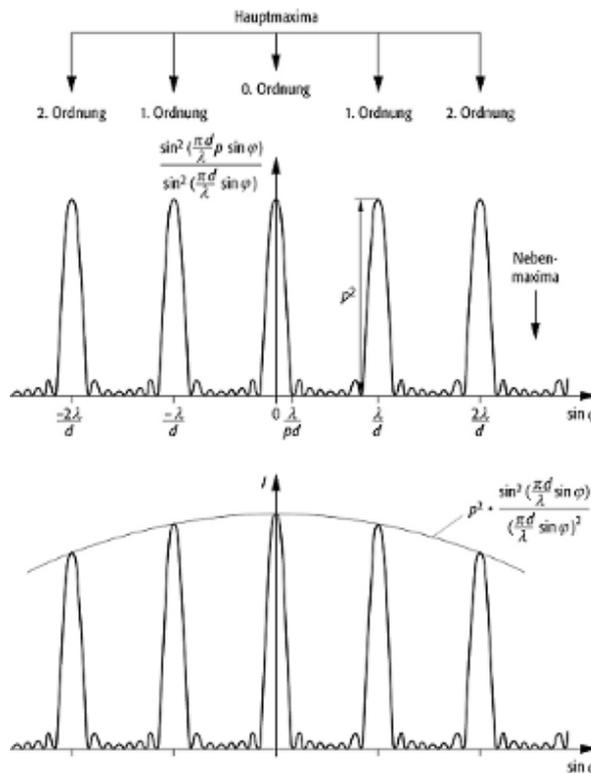
$$I_{sp} = I_s \cdot I_d = I_{sp} * \cos^2\left(\frac{\pi * d}{\lambda} * \sin(\alpha)\right) \tag{3}$$

Diese Gleichung hat ihr Maximum bei

$$\sin(\alpha) = \pm n * \frac{\pi}{d} \tag{4}$$

### 1.4.2 Gitter

Das Gitter ähnelt dem Experiment mit dem Doppelspalt. Der Wert  $d$  bezeichnet hierbei jedoch nicht den Abstand, sondern die Gitterkonstante. Das Beugungsdiagramm für ein Gitter ist in Abbildung 4 dargestellt.



**Abbildung 4:** Beugung am Gitter (Quelle: Techniklexikon<sup>2</sup>)

Die Breite der vorhandenen Maxima bewegt sich im Bereich von

$$\frac{1}{N}$$

wobei  $N$  dabei die Anzahl der an der Beugung beteiligten Gitterspalte angibt.

<sup>2</sup><http://www.techniklexikon.net/d/beugung/beugung.htm>

### 1.4.3 Reflexion an einem Gitter

Ein Sonderfall der Reflexion, ist die Reflexion an einem Gitter. Dafür muss die Gleichung angepasst werden:

$$d[\cos\epsilon - \cos(\epsilon + \alpha)] = n * \lambda \quad (5)$$

Wobei  $\epsilon$  der Einfallswinkel ist.

## 1.5 Funktionsprinzip des He- Ne- Lasers

Die He- Atome werden angeregt, diese angeregten Atome werden durch die Energiezufuhr auf ein höheres Energieniveau gesetzt. Durch Stöße werden nun auch die Ne- Atome angeregt. Diese angeregten Ne- Atome senden nun Licht aus, welches wir sehen können, die Wellenlänge liegt dabei bei 532 nm. Durch das Aussenden von Licht geraten die Ne- Atome wieder in ihren Grundzustand zurück, wobei sie bei der nächsten Gelegenheit gleich wieder angeregt werden. Dieses emittierte Licht gibt der Laser dann ab. Hierbei macht man sich das Prinzip der Besetzungsreversion zu Nutze. Dabei wird Helium so angeregt, dass die Elektronen auf das nächste Energieniveau gehoben werden. Durch Stöße geben die angeregten Heliumatome ihre Energie an die Neon Atome weiter und sorgen so dafür, dass die höheren Schalen von Neon voll besetzt sind, als die niedrigeren Schalen. Dieser angeregte Zustand ist hoch instabil und die Elektronen streben danach, die überschüssige Energie abzugeben, auf eine niedrigere Schale zu springen und ein stabileres Energieniveau zu erhalten. Die Energie wird als Photon abgestrahlt, es entsteht Licht, welches vom Laser gebündelt und abgegeben wird.

## 1.6 Messgleichungen

Im folgenden werden für den weiteren Verlauf wichtige Formeln und Größen angegeben und beschrieben. In Tabelle 1 sind die jeweiligen Symbole und deren Bezeichnung angegeben. Die Fehler wurden nach Gaußscher Fehlerfortpflanzung berechnet.

Symbol	Bezeichnung
b	Spaltbreite
d	Spaltabstand (nur bei Doppelspalt)
$d_{\text{reflex}}$	Spaltabstand bei Reflexionsgitter
$a_{\text{min}}$	Abstand der Minima
$a_{\text{max}}$	Abstand der Maxima
n	Ordnung
s	Abstand Spalt zu Detektor
$\lambda$	Wellenlänge des Lasers
$\epsilon$	Eintrittswinkel Maßstab
$\alpha$	Winkel zwischen n. und 0. Ordnung mit Abstand a

**Tabelle 1:** Bezeichnungen der verwendeten Symbole.

### Spaltbreite und der Fehler der Spaltbreite

$$b = \frac{2ns\lambda}{a_{\text{min}}} \quad (6)$$

$$\Delta b = \sqrt{\left(\frac{2ns\lambda}{a_{\min}^2} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{2n\lambda}{a_{\min}} \Delta s\right)^2 + \left(\frac{2ns}{a_{\min}} \Delta \lambda\right)^2} \quad (7)$$

### Spaltabstand und der Fehler der Spaltabstand

$$d = \frac{2ns\lambda}{a_{\max}} \quad (8)$$

$$\Delta d = \sqrt{\left(\frac{2ns\lambda}{a_{\max}^2} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{2n\lambda}{a_{\max}} \Delta s\right)^2 + \left(\frac{2ns}{a_{\max}} \Delta \lambda\right)^2} \quad (9)$$

### Spaltabstand bei Reflexionsgitter

$$d_{\text{reflex}} = \frac{n\lambda}{\cos(\epsilon) - \cos(\epsilon + \alpha)} \quad (10)$$

### Eintrittswinkel Maßstab

$$\epsilon = \frac{\arctan \frac{r_0}{s}}{2} \quad (11)$$

### Winkel zwischen n. und 0. Ordnung mit Abstand a

$$\alpha = \arcsin \frac{a}{s} \quad (12)$$

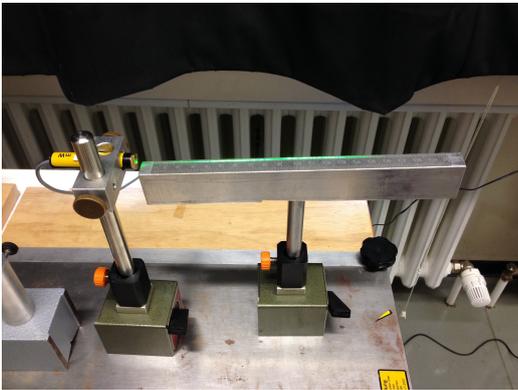
## 2 Aufgabenstellung

1. Aufnahme des Fraunhoferschen Beugungsdiagramms eines Mess-Spalt für drei verschiedene Spaltbreiten. Vergleich und Diskussion der Ergebnisse.
2. Aufnahme des Beugungsdiagramms eines Doppelspalt und Bestimmung der Spaltbreiten und des Spaltabstandes.
3. Bestimmung der Teilungsabstände eines Metallmaßstabes aus dem Beugungsdiagramm der Teilung bei streifendem Einfall (Reflexionsgitter).

### 3 Experimenteller Aufbau und Geräte

#### 3.1 Aufbau

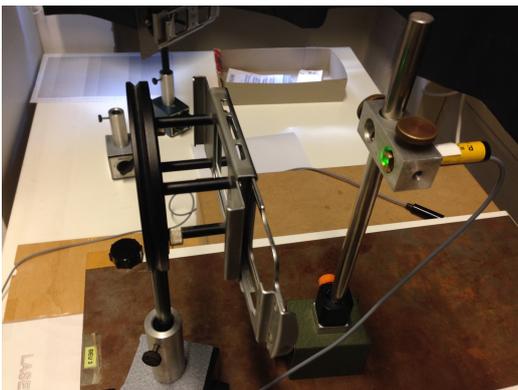
In Abbildung 5 kann man die zwei Aufbauten für den Spalt und das Beugungsgitter sehen.



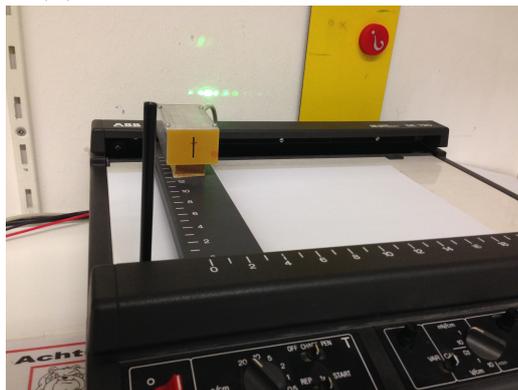
(a) Aufbau des Laser mit dem Beugungsgitter.



(b) Bild des Beugungsgitters, an der Wand.



(c) Aufbau des Lasers mit dem Spalt



(d) Bild des Spalts an der Wand und XY-Schreiber.

**Abbildung 5:** Aufbau der des Beugungsgitter und des Spalts.

#### 3.2 Geräte

1. Bauteile mit Stift auf Magnethalter
2. Laserdiode (532 nm)
3. Filterhalter mit Doppelspalt, Einfachspalt ( drei verschiedene Spaltbreiten), geeigneter Metallmaßstab
4. X-Y-Schreiber mit photoempfindlichem Widerstand (LDR)
5. Papierrolle zum Aufzeichnen der Beugungsdiagramme
6. 5-m-Festmaßstab, 1-m-Metallmaßstab

## 4 Durchführung

Die einzelnen Durchführungen der gestellten Aufgaben findet sich im Folgenden. Hierbei geht es einerseits um die Untersuchungen an den Einzelspalten und dem Doppelspalt, sowie im zweiten Teil um die Messung mit dem Reflexionsgitter.

### 4.1 Messung an Einzelspalten und Doppelspalt- Generelle Durchführung

Für den Versuch wurde ein grüner Laser (Wellenlänge: 532 nm), sowie ein X-Y Schreiber mit lichtempfindlichem Widerstand (LDR) verwendet. Die Geräte standen ( $472 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$ ) von einander entfernt.

Um messen zu können, musste der Laser justiert werden, dass dieser genau den lichtempfindlichen Detektor des X-Y Schreibers trifft. In einigen cm Entfernung zum Laser wurde eine Halterung für die Einsätze (Einzel-, Doppelspalt,) aufgestellt. Um vernünftig und genau messen zu können, musste der Raum möglichst vollständig abgedunkelt sein. Türen konnten nur geöffnet werden, wenn gerade nicht gemessen wurde, sollten Personen ein und ausgehen so war vorher zu klopfen und die Messenden im Versuchsraum das OK zum Eintreten geben.

Je nach verwendetem Spalt musste ggf. die Intensität für die y- Achse verstärkt bzw. abgeschwächt werden. Ebenso wurde die Geschwindigkeit des Schreiber zwischenzeitlich verändert. Je feiner die Darstellung der einzelnen Beugungsmaxima wurde, desto geringer konnte die Geschwindigkeit der Aufzeichnung des Schreibers eingestellt werden (auf bis zu 10 s pro Zentimeter).

Abweichungen in den Aufzeichnungen des Schreibers sind auf Lichteinflüsse zurückzuführen, da zwischen den Vorhängen des Raumes immernoch kleine Lichtmengen den Weg in den Versuchsraum finden.

### 4.2 Messungen an Einzel- und Doppelspalt- Anmerkungen zur Durchführung während des Versuches

Anmerkung: Der Kurstag BEU hat die Besonderheit, dass der Kurs in 2 Räumen stattfindet. Einer für grüne, einer für rote Laser. In den Räumen sind jeweils 2 Stationen aufgebaut, an denen gemessen werden kann. Am Versuchstag waren nur ein roter Laser und ein grüner Laser vorhanden. Ein grüner Laser der zusätzlich bereitgelegt wurde hatte einen Wackelkontakt und war nur für Aufgabe 3 verwendbar (damit fingen wir an) da er danach seine Funktion aufgab und nicht zu gebrauchen war.

So wurde von der Tutorin beschlossen, dass wir (Ludwig Schuster und Florian Conrad) die Aufzeichnungen von Aufgabe 1 und 2 von einem anderen Zweierteam übernehmen sollten, was im Endeffekt bedeutete, dass jene Gruppe ihre Diagramme schlichtweg zweimal mit den gleichen Einstellungen aufnahm und uns jeweils eines für jeden gemessenen Spalt zur Verfügung stellte. Unser Team (Herr Conrad und Herr Schuster) hatte dadurch keine wirkliche Kontrolle über die Messung, da während wir noch auf der Suche nach funktionierenden Versuchsmaterialien waren, die andere Gruppe bereits die Messungen für sich und für uns durchführte, für den Fall dass wir keine neuen Versuchsmaterialien bekommen. Im Endeffekt ist das genau das was geschehen sollte. Aufgrund der dann bereits sehr fortgeschrittenen Zeit (Vorbereitungsgespräch + Aufbau + Feststellen, dass nichts funktioniert + Suche nach neuem Material) war

das Einzige was wir tun konnten, dass wir die aufgezeichneten Diagramme zur Auswertung abzeichnen ließen (wie in 8.1 und 8.1 sowie 8.2 ersichtlich) und sie einpackten und mit nach Hause nahmen um das Protokoll schreiben zu können. Zusätzlich kam hinzu, dass selbst wenn wir einen funktionierenden Laser gehabt hätten, wäre es uns an der aufgebauten Messstation unmöglich gewesen Aufgabe 1 und 2 zu messen, da die optischen Achsen nicht aufeinander abpassbar waren. Soll heißen: Der X-Y Schreiber stand auf einem Rollwagen, der in der Höhe nicht verstellbar war. Noch dazu sind die Stative und Halterungen für die Spalte auch nur begrenzt in ihrer Höhe verstellbar. Leider sind diese auch auf der niedrigsten Einstellung zu hoch um den Laserpunkt auf den Sensor des X-Y Schreibers auszurichten. Eine Messung für Aufgabe 1 und 2 an dieser Station ist nicht möglich. Den Schreiber zu erhöhen hielten wir für ungünstig, da dieser recht breit ist und wir nichts geeignetes fanden um es drunter zu stellen. Uns war es zu gefährlich, denn die Stabilität des Schreibers wäre beeinträchtigt und beim Schreiben bestünde die Gefahr des Herunterfallens, inklusive Kaputtgehen.

Das Wechseln der Station war nicht möglich, da im Raum für grüne Laser bereits die andere Station besetzt war (von dieser Gruppe erhielten wir die Aufzeichnungen und Messwerte) und im Anderen Versuchsraum ausschließlich rote Laser verwendet werden sollten, wovon nur einer vorhanden und ebenfalls von einer anderen Gruppe in Benutzung war. Die zweite Station in diesem Raum konnte also nicht besetzt werden, da ein roter Laser fehlte. Dieser wiederum fehlte deswegen, da nur ein einziges passendes Netzgerät für rote Laser vorhanden war. Alle Netzgeräte wurden in verschiedenen Kombinationen von Laser und Netzgerät getestet, keines davon passte. Der Laser war nicht einsetzbar.

Aufgabe 3 war an dieser Station durchführbar, da der Schreiber dafür nicht benötigt und der Laser über das Reflexionsgitter an die Wand projiziert wurde.

### 4.3 Messung mit Reflexionsgitter

Für Aufgabe 3, die die Reflexion an einem Reflexionsgitter beinhaltete, musste der Aufbau angepasst werden. Anstelle der Halterung für die Spalte, wurde nun ein Reflexionsgitter an dessen Stelle gestellt und fixiert. Die Ausrichtung und der Winkel des Reflexionsgitters waren fix. Die Beugungsmaxima waren nach Einschalten des Lasers am Papierschirm an der Wand des Versuchsraumes zu erkennen und wurden bei eingeschaltetem Laser am Papier angezeichnet, gleichzeitig wurde die Entfernung von Reflexionsgitter zum Schirm auf dem Papierstreifen dokumentiert.

## 5 Messwerte

Die Intensitätsdiagramme für die Einzelspalte finden sich im Anhang unter ???. Das Intensitätsdiagramm für den Doppelspalt unter 8.2 und die aufgezeichneten Beugungsmaxima für das Reflexionsgitter in ???. Der Abstand des Detektor zum Spalt beträgt  $s_{\text{Detektor}} = (472 \pm 0,5) \text{ cm}$ . Der Abstand vom Papierstreifen zum Reflexionsgitter beträgt  $s_{\text{Papierstreifen}} = (552 \pm 0,5) \text{ cm}$ . Der Laser hat laut Aufschrift auf dem Laser eine Wellenlänge von  $\lambda = 532 \text{ nm}$ .

## 6 Auswertung

In den Intensitätsdiagrammen wurden per Hand die Abstände von den jeweils zu einer Ordnung gehörenden Minima gemessen (von Minimum zu Minimum). Daraus konnte dann mit

Ordnung	Abstand [mm]
1	(185 ± 5)
2	(385 ± 5)
3	(487 ± 5)
4	(580 ± 5)
5	(660 ± 5)
6	(721 ± 5)
7	(782 ± 5)
8	(843 ± 5)
9	(887 ± 5)

**Tabelle 2:** Abstände zur 0. Ordnung

Gleichung (6) die Spaltbreite berechnet werden.

### 6.1 Einzelspalte und Doppelspalt

$n$	$a_{\min}$ [mm]	$b$ [mm]
1	(30 ± 2)	(0,167 ± 0,013)
2	(54 ± 2)	(0,186 ± 0,013)
3	(72 ± 2)	(0,209 ± 0,013)

**Tabelle 3:** Einzelspalt 0,1 mm

Die ermittelten Werte des ersten Einzelspalts stimmen nicht annähernd mit den angegebenen Spaltbreiten überein. Vielfältige Gründe dafür werden in der Diskussion aufgeführt und analysiert.

Die aufgezeichneten Messungen für die übrigen Einzelspalte sind fehlerhaft, wie in Anhang 8.1 offensichtlich einsehbar. Erwartet hätten wir ein Bild, wie in den physikalischen Grundlagen sichtbar. Die nötigen Minima sind nicht sichtbar. Dies fiel uns erst bei der Auswertung auf, als die Berechnung der Spaltbreiten erfolgen sollten. Ein Ablesen von Messwerten ist hier nicht mehr möglich. Näheres dazu in der Auswertung.

Auch wenn dies der Fall ist, möchten wir trotzdem zeigen, was wir ausgewertet hätten und wie wir es ausgewertet hätten, hätte die Messung funktioniert wie sie sollte:

So hätten wir bei den restlichen Einzelspalten die Abstände der Minima in den jeweiligen Ordnungen gemessen und in einer Tabelle ähnlich der unteren Tabelle 4 erfasst. Die Werte sind Vergleichswerte, die wir ungefähr erwartet hätten, wenn der Kurstag besser gelaufen wäre.

Nach Recherche fanden wir Werte die realistisch wären: Die Fehler wurden mit gaußscher Fehlerfortpflanzung berechnet.

Aus diesen aufgenommenen, gemessenen Diastanzen ( $a_{\min}$ ) hätten wir mit Gleichung (6)

$$b = \frac{2ns\lambda}{a_{\min}} \quad (13)$$

$n$	$a_{\min}$ [mm]	$b$ [mm]
1	$(37 \pm 2)$	$(0,197 \pm 0,021)$
2	$(72 \pm 2)$	$(0,201 \pm 0,019)$
3	$(108 \pm 2)$	$(0,201 \pm 0,018)$
4	$(143 \pm 2)$	$(0,202 \pm 0,018)$
5	$(175 \pm 2)$	$(0,206 \pm 0,018)$
6	$(209 \pm 2)$	$(0,206 \pm 0,018)$
7	$(246 \pm 2)$	$(0,205 \pm 0,018)$

**Tabelle 4:** Einzelspalt 0,2 mm

die Spaltbreite ausgerechnet. Aus den errechneten Spaltbreiten könnte dann der (gewichtete) Mittelwert der Spaltbreiten errechnet werden können und mit dem gegebenen Wert, im Falle der Tabelle 4 von 0,2 mm, verglichen werden. Im Beispiel betrüge der gewichtete Mittelwert:

$$b = (0,203 \pm 0,003)$$

mm

Für die Messung mit dem Doppelspalt wurden zusätzlich die Abstände der Maxima gemessen, da diese in die Berechnung mit einfließen.

$n$	$a_{\min}$ [mm]	$a_{\max}$ [mm]	$b$ [mm]	$d$ [mm]
1	$(55 \pm 5)$	$(7 \pm 1)$	$(0,091 \pm 0,013)$	$(0,71 \pm 0,15)$
2	$(65 \pm 5)$	$(13 \pm 1)$	$(0,170 \pm 0,012)$	$(0,77 \pm 0,074)$
3	$(98 \pm 5)$	$(21 \pm 1)$	$(0,159 \pm 0,014)$	$(0,71 \pm 0,074)$

**Tabelle 5:** Messwerte Doppelspalt d1,0 mm

Der Wert für die Spaltbreite konnte gemittelt als  $(0,13 \pm 0,0064)$  berechnet werden. Der Spaltabstand beträgt nach der Rechnung  $(0,73 \pm 0,0061)$ .

Die wenigen Messwerte kommen zustande, da die graphische Darstellung der Gemessenen Spalte falsch ist. Diese Werte sind die einzigen, die man hat messen können und hier sind wir nichtmal sicher, ob das was wir gemessen haben dem richtigen entspricht.

Auch für diesen Fall wollen wir zeigen, wie die Auswertung aussähe, wenn die Aufzeichnung der Grafiken richtig gewesen wäre:

Wie bereits erwähnt hätten hier zusätzlich die Abstände der Maxima dokumentiert werden. Nachdem diese gemessen sind, werden sie wieder in einer Tabelle (6) festgehalten. Die Werte sind Vergleichswerte, die wir ungefähr erwartet hätten, wenn der Kurstag besser gelaufen wäre.

Mit der Formel

$$d = \frac{2ns\lambda}{a_{\max}} \quad (14)$$

ließe sich dann erneut die Spaltbreite, diesmal anhand der Maxima berechnen. Auch hier stammen die Fehler wieder aus der gaußschen Fehlerfortpflanzung.

Der Gewichtete Mittelwert beträgt hierfür  $b = (0,087 \pm 0,007)$  mm,  $d = (1,027 \pm 0,007)$  mm und würde in dieser Beispielrechnung mit der Aufschrift auf dem Spalt übereinstimmen.

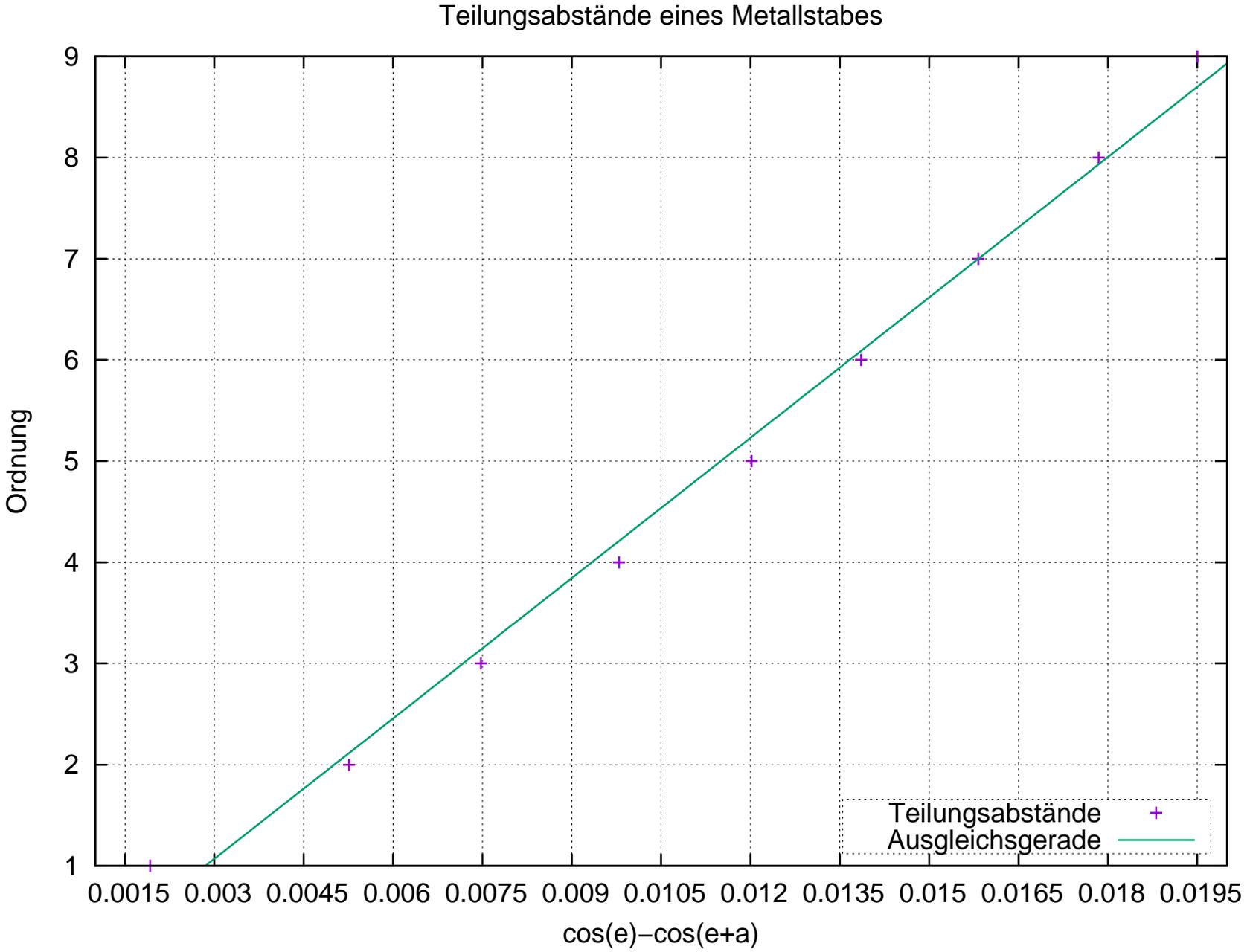
$n$	$a_{\min}$ [mm]	$a_{\max}$ [mm]	$b$ [mm]	$d$ [mm]
1	$(85 \pm 5)$	$(7 \pm 1)$	$(0,085 \pm 0,013)$	$(1,03 \pm 0,15)$
1		$(7 \pm 1)$		$(1,03 \pm 0,15)$
1		$(7 \pm 1)$		$(1,03 \pm 0,15)$
1		$(7 \pm 1)$		$(1,03 \pm 0,15)$
2	$(161 \pm 5)$	$(14 \pm 1)$	$(0,089 \pm 0,012)$	$(1,027 \pm 0,074)$
2		$(14 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$
2		$(14 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$
2		$(14 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$
3		$(21 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$
3		$(21 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$
3		$(21 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$
3		$(21 \pm 1)$		$(1,027 \pm 0,074)$

**Tabelle 6:** Beispielhafte Musterwerte eines Doppelspalt d1,0 mm

## 6.2 Reflexionsgitter

Die Messwerte zur Aufgabe 3 (Abstände zur 0. Ordnung) sind in Tabelle 2 aufgeführt

Bei der letzten Aufgabe wurde zunächst mit Gleichungen (10), (11) und (12) die Werte für  $\cos(\epsilon) - \cos(\epsilon + \alpha)$  ausgerechnet und gegen die Ordnung auf Seite 13 geplottet.



Ein Linear Fit ergab für den Anstieg:

$$\frac{\cos(\epsilon) - \cos(\epsilon + \alpha)}{n} = (462.421 \pm 14.7) \quad (15)$$

Damit kann  $d$  ausgerechnet werden:

$$d = \frac{\lambda}{\frac{\cos(\epsilon) - \cos(\epsilon + \alpha)}{n}} = (1,15 \pm 0,00051) \quad (16)$$

## 7 Diskussion

Da die Messungen für Aufgabe 1 und 2 fehlerhaft sind ist die Auswertung an der Stelle dementsprechend kurz ausgefallen. Für den ersten Einzelspalt ließ sich noch etwas berechnen, was aber zu hohe Abweichungen zum eigentlichen Wert aufweist. Die weiteren Aufzeichnungen für die Einzelspalte sind schlecht und daher nicht auswertbar. Wir wissen nicht wo man dort die Minima bestimmen kann, es fehlen Nullstellendurchgänge. Die aufgenommenen Diagramme sehen absolut nicht aus, wie Beugungsdiagramme für einen Einzelspalt (vgl. Abbildung 2). Die Diagramme sind demnach für Einzelspalte nicht auswertbar. Wir vermuten, dass die Gruppe, von welcher unsere Diagramme standen, versehentlich einen Einschub verwendete, wo ausschließlich Doppelspalte eingelassen waren. Da wir, wie bereits in der Durchführung angemerkt, angewiesen wurden die Diagramme der besagten Gruppe zu übernehmen. Dadurch mussten auch wir diese fehlerhaften Diagramme verwenden, um ein Protokoll zu schreiben. Für Aufgabe 1 findet sich zusätzlich zu unserer fehlerbehafteten Auswertung auch eine Beispielauswertung mit vernünftigeren Werten.

Obwohl vermutlich nur Doppelspalte gemessen wurden, so ist auch die Messung für die Aufgabe 2 fehlerbehaftet. Der Spaltabstand sollte laut Aufschrift 1,0 mm betragen, der Wert von  $(0,73 \pm 0,0061)$  ist auch bei Einbeziehen des Fehlers zu niedrig, um einen passenden Wert darzustellen. Vermutlich ist schlichtweg die grafische Aufzeichnung des Diagrammes fehlerhaft, oder einfach schlecht. Das abgezeichnete Diagramm ist im Anhang bei Abbildung 8.2 einzusehen. Auch hier haben wir ein anderes Bild erwartet. Das typische Beugungsdiagramm für den Doppelspalt sieht definitiv anders aus, siehe Abbildung 4. Auch für den Doppelspalt findet sich in der Auswertung eine Beispielauswertung, da unsere Grafik und auch die abgelesenen Messwerte bei uns stark fehlerhaft sind und wir damit sehr unzufrieden waren.

Für die Aufgabe mit dem Reflexionsgitter konnte zumindest eine Rechnung erstellt werden. Abstände wurden richtig gemessen und sind in Tabelle 2 einsehbar. Der abgezeichnete Papierstreifen für die Auswertung (ebenfalls abgezeichnet) findet sich ebenfalls im Anhang. Die Rechnung ergibt als Gitterkonstante (Abstand zwischen den Markierungen) 1,15 mm. Der Wert liegt signifikant über den gemessenen 0,5 mm. Selbst mit dem berechneten Fehler von  $\pm 0,00051 \text{ mm}$  ist der Wert viel zu hoch. Dass der Abstand der Markierungen ggf. nicht genau 0,5 mm beträgt wäre noch einzusehen, dass die Abweichung aber so groß ist, halten wir für falsch. Die Gründe für diese große Abweichung könnten unter Anderem ungenaues Messen der Distanz von Schirm zu Laser, falsches Anzeichnen am Papier, falsche Messung vom Abstand zur nullten Ordnung sein. Auch einen technischen Fehler am Laser, der wie gesagt einen Wackelkontakt besaß schließen wir nicht aus. Da er eh schon in Mitleidenschaft

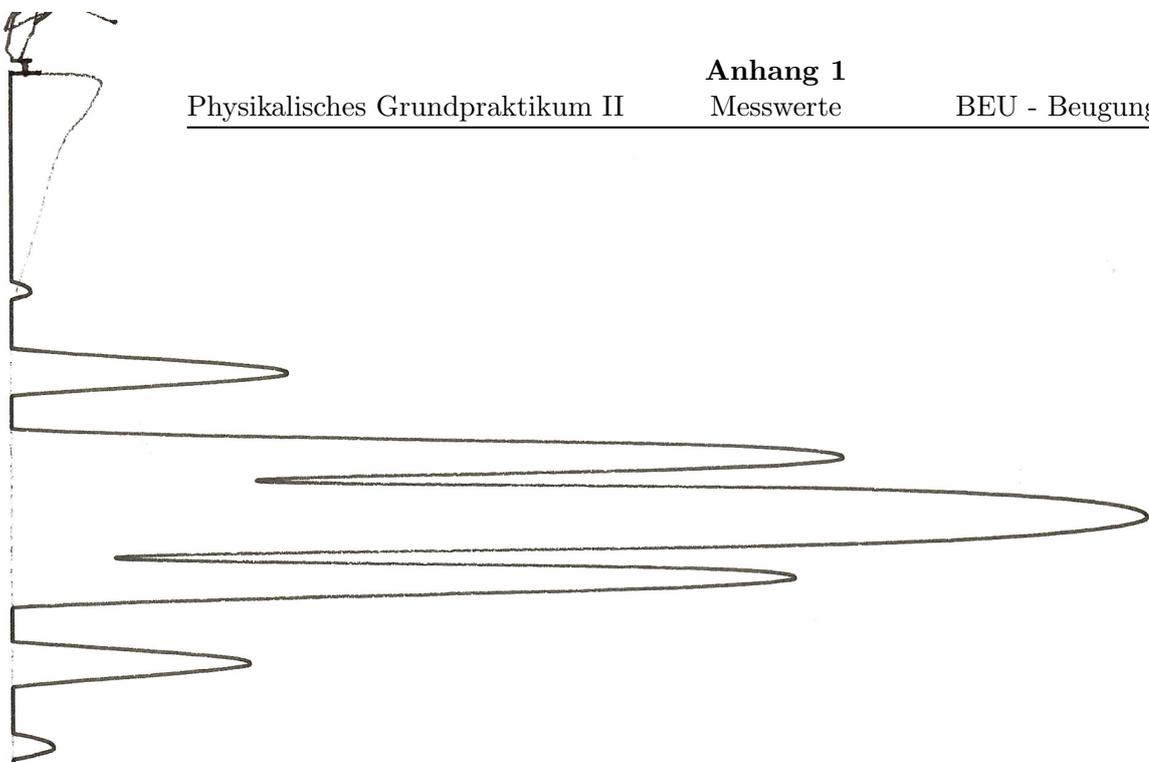
gezogen war, können wir nicht ausschließen, dass der Laser kaputt war und das abgegebene Licht eine zu hohe Streuung besaß, wodurch die Reflexion des Lasers an der Wand fehlerhaft übertragen worden sein könnte. Der kurz verwendete Laser warf außerdem, ungeachtet der verstellbaren Fokussierung, konstant zwei Laserpunkte an die Wand. Der Laser war eindeutig fehlerhaft.

Fazit: Der Kurstag war für uns eine reine Stresssituation. Zu wenig funktionierende Versuchsmaterialien und Versuchsplätze, Zeitdruck durch ständiges suchen von Materialien, die im Endeffekt doch nicht vorhanden waren, das angewiesene Übernehmen von Messwerten und grafischen Darstellungen von einer anderen Versuchsgruppe (aufgrund von erheblichem Zeitmangel, da wie oben beschrieben Materialien fehlten oder kaputt waren und erst Ersatz gesucht werden musste) machten den Versuchstag hektisch, unübersichtlich, zeitlich sehr knapp, ungenau und deswegen von Anfang an, bis zum Ende fehlerbehaftet. Die Fehlerquellen sind offengelegt. So unangenehm dadurch der Kurstag war, genauso unangenehm war im Endeffekt die Auswertung dessen, da mit offensichtlich falschen Werten und Grafiken gearbeitet werden musste. Hierzu sei gesagt, dass sich uns die Verantwortung für diese Fehlerquellen entzieht. Eine individuelle Messung für unsere Gruppe war aufgrund fehlender Materialien nicht möglich.

## 8 Anhang

Im Anhang sind die aufgezeichneten Beugungsdiagramme für Einzel- und Doppelspalte, sowie die aufgezeichneten Beugungsmaxima zu finden. Es folgen die eingescannten Originale der Messwerte und der Vorbereitung. Die Originale sind im Original Protokoll angehängt.

### 8.1 Einzelspalte

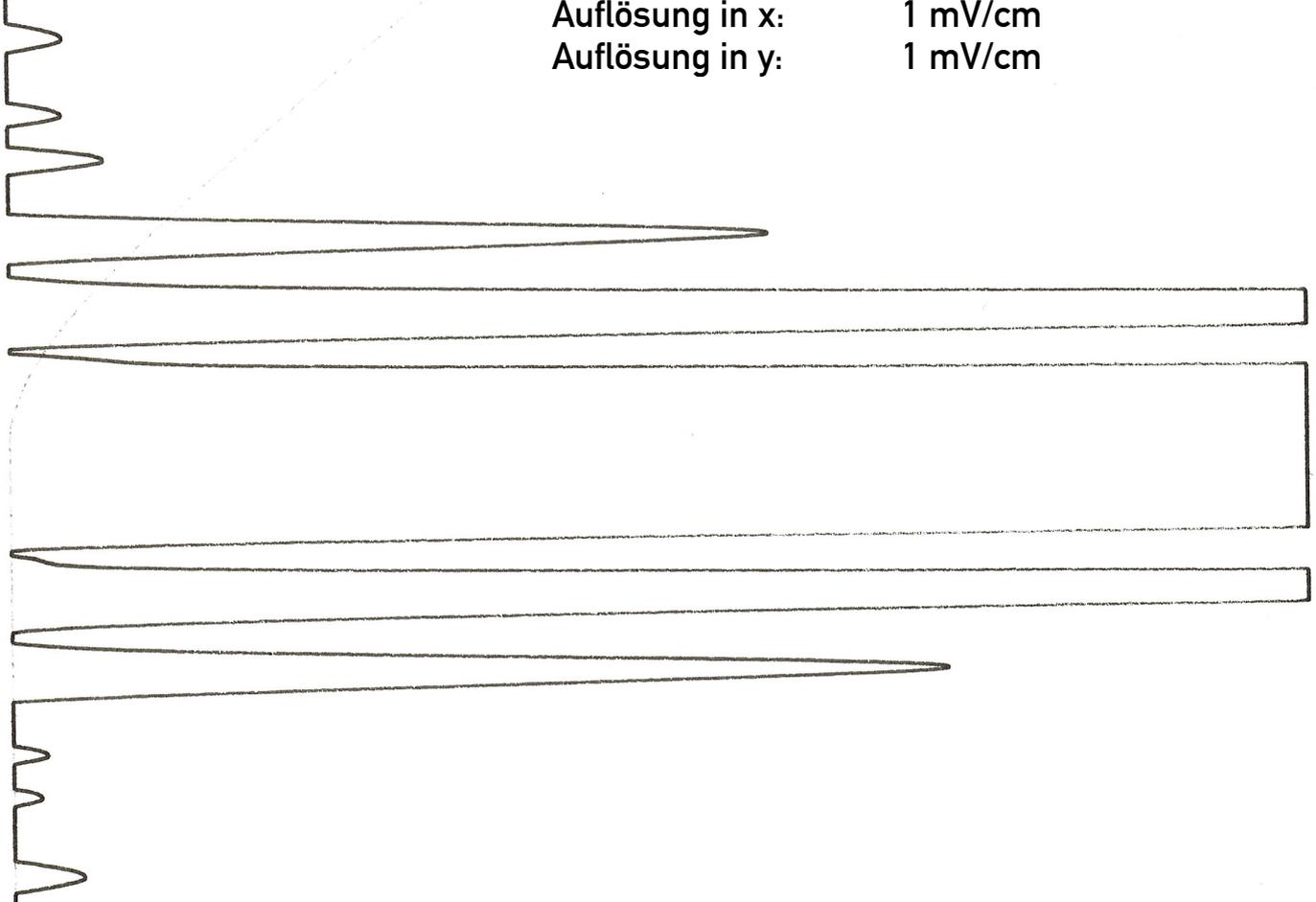


Spalt 1 - 01  
Geschwindigkeit: 20 s/cm  
Auflösung in x: 1 mV/cm  
Auflösung in y: 10 mV/cm

s/cm 20  
x 1 mV/cm  
y 10 mV/cm

Spalt 1 - 01  
Geschwindigkeit: 20 s/cm  
Auflösung in x: 1 mV/cm  
Auflösung in y: 1 mV/cm

1. Spalt 01



MF

s/cm 20  
x 1 mV/cm  
y 1 mV/cm

10  
5/cm

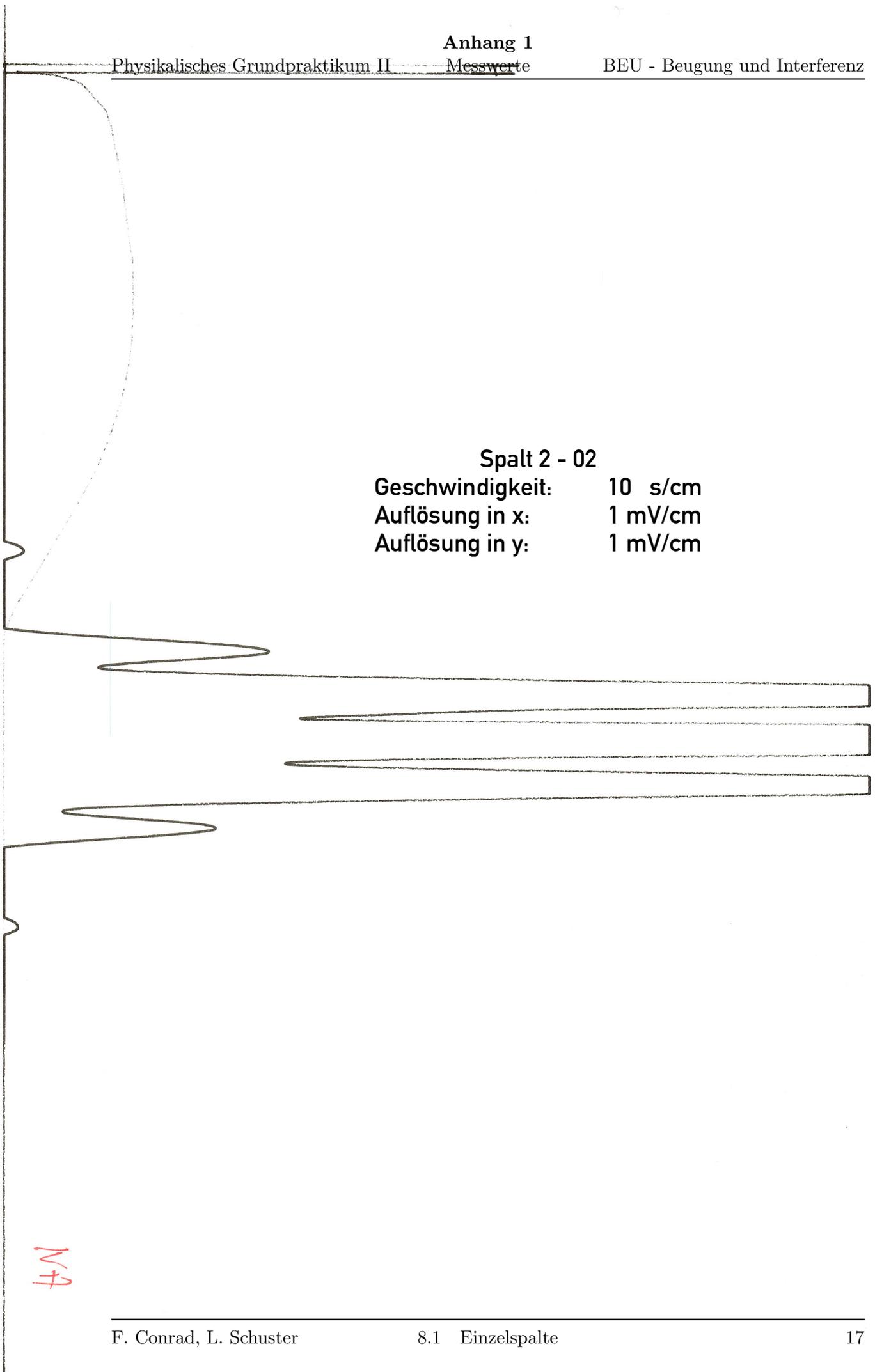
Spalt 2 - 02

Geschwindigkeit: 10 s/cm

Auflösung in x: 1 mV/cm

Auflösung in y: 1 mV/cm

2. Spalt 02

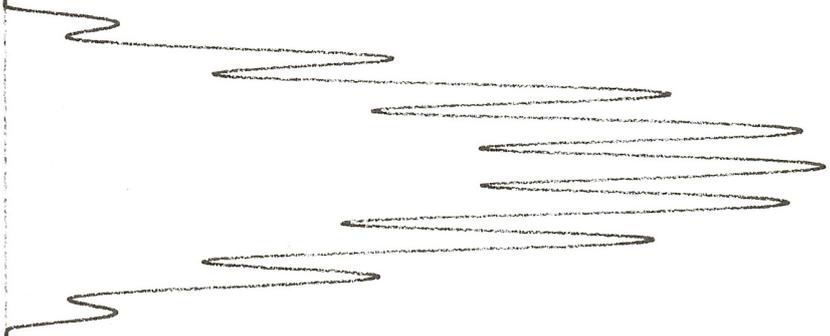


N  
7

Spalt 3 - 04

Geschwindigkeit: 2 s/cm  
Auflösung in x: 1 mV/cm  
Auflösung in y: 10 mV/cm

3. Spalt 04

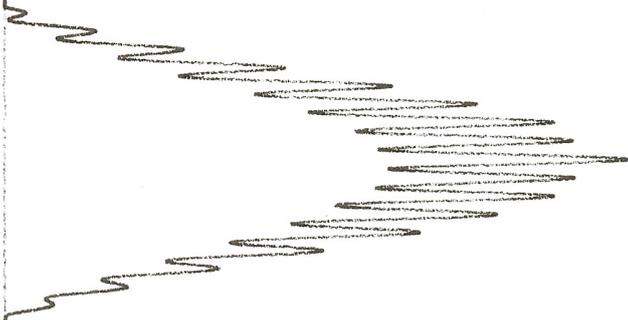


2 s/cm  
y 10 mV/cm  
x 1 mV/cm

NA

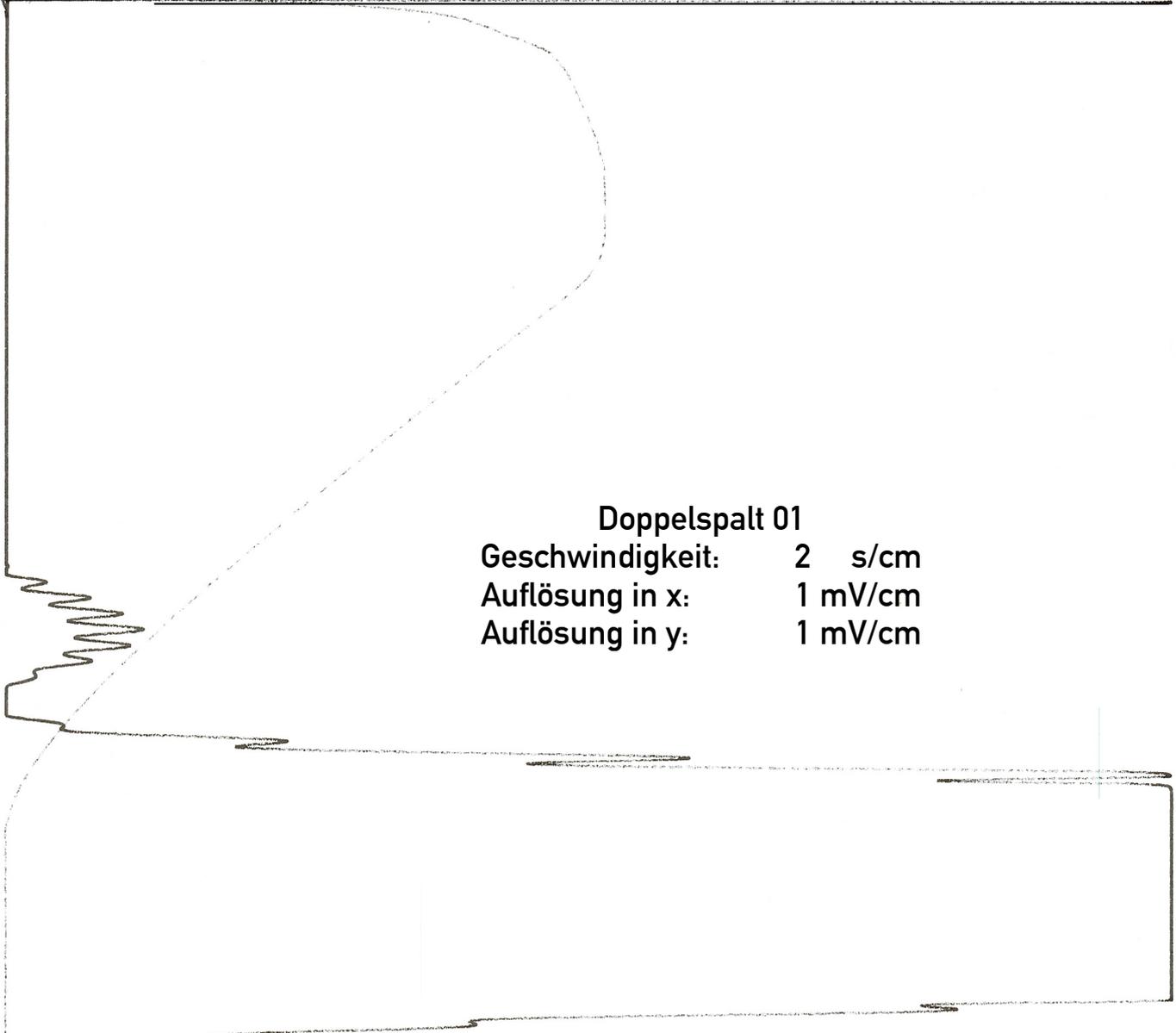
## 8.2 Doppelspalt

Doppelspalt 01



Doppelspalt 01  
 Geschwindigkeit: 2 s/cm  
 Auflösung in x: 1 mV/cm  
 Auflösung in y: 10 mV/cm

2 s/cm  
 1 mV/cm  
 10 mV/cm  
 x  
 y



Doppelspalt 01

Geschwindigkeit: 2 s/cm  
Auflösung in x: 1 mV/cm  
Auflösung in y: 1 mV/cm

Doppelspalt 01

2 s/cm  
1 mV/cm  
1 mV/cm  
x  
y

NT