

# PW5

November 11, 2025

## 1 Wellenoptik

### 1.1 Beugung am Einzelspalt

Es wird die Beugung von monochromatischem Licht an einem Einzelspalt untersucht, um dessen Spaltbreite zu bestimmen.

#### 1.1.1 Durchführung und Versuchsaufbau

Ein Diodenlaser mit einer Wellenlänge von 635 nm beleuchtet senkrecht einen schmalen Einzelspalt. Das entstehende Beugungsbild wird auf einem Schirm projiziert und die Abstände der Intensitätsminima zur zentralen Hauptmaxima werden mit einem Lineal gemessen.

Aus den Winkeln der Minima, berechnet nach der Beziehung

$$b \sin(\alpha_{\min,n}) = n\lambda,$$

wird die Spaltbreite  $b$  durch lineare Regression bestimmt.

Zur Minimierung von Nullpunktfehlern werden symmetrisch angeordnete Minima gleicher Ordnung gemessen und ihr Abstand halbiert.

#### 1.1.2 Auflösung bzw. Unsicherheit der Messgeräte:

- Längenmessung:  $\pm 2$  mm

#### 1.1.3 Erläuterung der systematischen (Typ-B) Unsicherheit der Messwerte:

Unsicherheiten entstehen durch ungenaue Justierung des Spaltes und der Schirmposition.

Parallaxenfehler beim Ablesen sowie leichte Verzerrungen des Beugungsbildes durch unebene Schirmflächen können die Messung beeinflussen.

#### 1.1.4 Ergebnisse

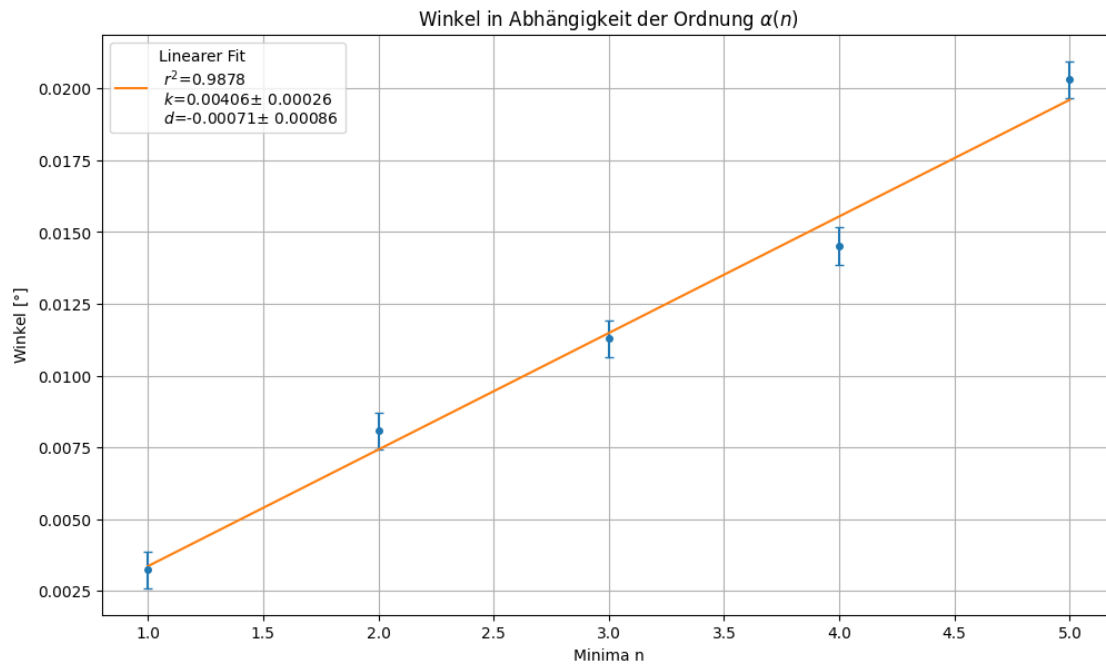
```
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
/tmp/ipykernel_4752/460238141.py:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
  plt.plot(n, res.slope*n + res.intercept, label=f"Linearer Fit \n
$r^2$={res.rvalue**2:.4f} \n $k$={res.slope:.5f}$\pm$ {res.stderr:.5f} \n
```

```

dd$={res.intercept:.5f}$\pm$ {res.intercept_stderr:.5f}")
/tmp/ipykernel_4752/460238141.py:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
plt.plot(n, res.slope*n + res.intercept, label=f"Linearer Fit \n
r^2$={res.rvalue**2:.4f} \n $k$={res.slope:.5f}$\pm$ {res.stderr:.5f} \n
dd$={res.intercept:.5f}$\pm$ {res.intercept_stderr:.5f}")

```

$n\lambda$ [nm]	$\alpha$ [°]
635	$(0.18 \pm 0.04)$
1270	$(0.46 \pm 0.04)$
1905	$(0.65 \pm 0.04)$
2540	$(0.83 \pm 0.04)$
3175	$(1.16 \pm 0.04)$



$$b = (0.16 \pm 0.02) \text{ mm}$$

### 1.1.5 Diskussion

Aus der Berechnung folgt eine Spaltbreite von  $(0.16 \pm 0.02) \text{ mm}$ . Der abgelesene Wert am Einzelspalt ist  $0.15 \text{ mm}$ . Damit stimmen diese in der Unsicherheit überein, je nachdem wie die Spaltbreite vom Hersteller gerundet. Aufgrund der schlechten Ablesbarkeit der Minima wurde die Unsicherheit der Längenmessung auf  $2 \text{ mm}$  erhöht. Zusätzlich wurde für die Unsicherheit der Spaltbreite nur die Unsicherheit der Winkel genommen, da diese die einzige behaftete Größe ist und  $b$  direkt proportional zu dem Winkel ist.

## 1.2 Beugung am Doppelspalt

Bei diesem Versuch wird das Interferenzmuster eines Doppelspalts untersucht, um Spaltbreite und Spaltabstand zu bestimmen.

### 1.2.1 Durchführung und Versuchsaufbau

Ein Diodenlaser ( $\lambda = 635 \text{ nm}$ ) beleuchtet einen symmetrisch ausgerichteten Doppelspalt.

Das entstehende Beugungs- und Interferenzmuster wird auf einem Schirm aufgefangen.

Die Positionen der Maxima und Minima werden gemessen, um zunächst die Spaltbreite  $b$  analog zum Einzelspalt zu bestimmen.

Anschließend wird der Spaltabstand  $g$  durch Zählen der Maxima zweiter Ordnung innerhalb des zentralen Maximums und Anwendung der Beziehung

$$g \sin(\alpha_{\max,k}) = k\lambda$$

ermittelt.

### 1.2.2 Auflösung bzw. Unsicherheit der Messgeräte:

- Lineal:  $\pm 2 \text{ mm}$

### 1.2.3 Erläuterung der systematischen (Typ-B) Unsicherheit der Messwerte:

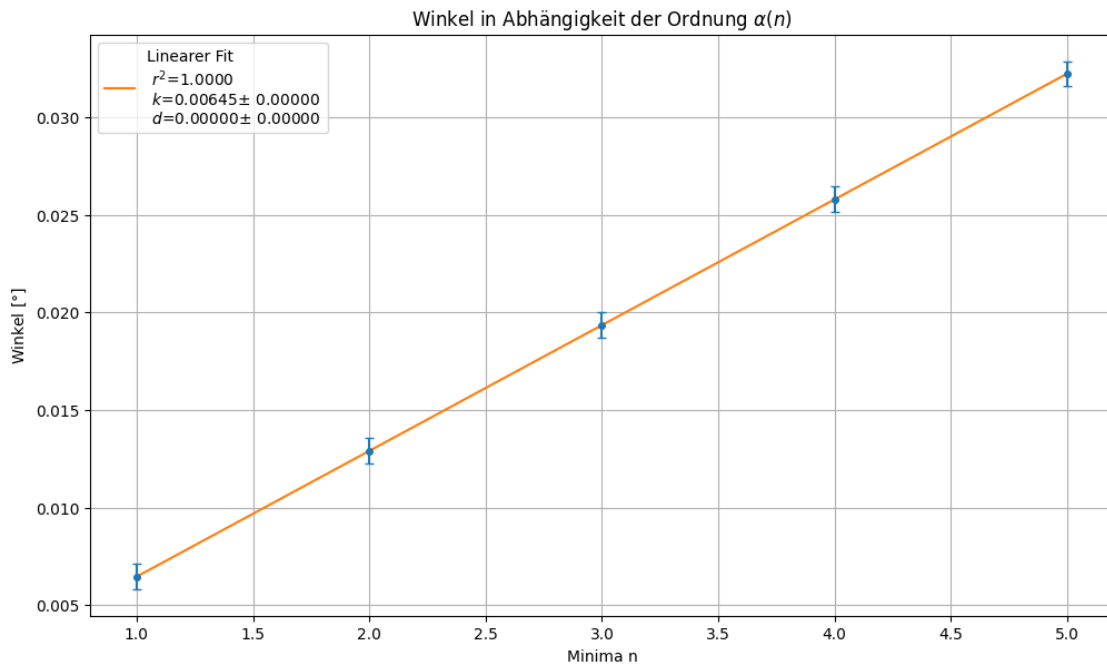
Fehlerquellen ergeben sich durch ungenaue Symmetrie der Spaltbeleuchtung oder geringfügige Verschiebung des Doppelspalts.

Auch nicht-paralleler Schirm oder Unebenheiten im Papier können die gemessenen Abstände der Maxima verfälschen.

### 1.2.4 Ergebnisse

```
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
<>:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence '\p'
/tmp/ipykernel_4752/3347514917.py:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence
'\p'
plt.plot(n, res.slope*n + res.intercept, label=f"Linearer Fit \n
$r^2$={res.rvalue**2:.4f} \n $k$={res.slope:.5f}$\pm$ {res.stderr:.5f} \n
$d$={res.intercept:.5f}$\pm$ {res.intercept_stderr:.5f}")
/tmp/ipykernel_4752/3347514917.py:29: SyntaxWarning: invalid escape sequence
'\p'
plt.plot(n, res.slope*n + res.intercept, label=f"Linearer Fit \n
$r^2$={res.rvalue**2:.4f} \n $k$={res.slope:.5f}$\pm$ {res.stderr:.5f} \n
$d$={res.intercept:.5f}$\pm$ {res.intercept_stderr:.5f}")
```

$n\lambda$ [nm]	$\alpha$ [°]
635	$(0.37 \pm 0.04)$
1270	$(0.74 \pm 0.04)$
1905	$(1.11 \pm 0.04)$
2540	$(1.48 \pm 0.04)$
3175	$(1.85 \pm 0.04)$



$$b = (0.10 \pm 0.01) \text{ mm}$$

$$g = (0.59 \pm 0.08) \text{ mm}$$

### 1.2.5 Diskussion

Die Spaltbreite der einzelnen Spalte von  $(0.10 \pm 0.01) \text{ mm}$  stimmt mit dem abgelesenen Wert von  $0.1 \text{ mm}$  überein. Der Spaltenabstand von  $(0.59 \pm 0.08) \text{ mm}$  stimmt nicht mit dem abgelesenen Wert von  $0.4 \text{ mm}$  überein. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die Nebenminima schlechter abzulesen waren.

Zusätzlich wurde für die Unsicherheit der Spaltbreite nur die Unsicherheit der Winkel genommen da diese die einzige behaftete Größe ist und  $b$  direkt proportional zu dem Winkel ist.

### 1.3 Wellenlängenmessung mit dem Gitter

In diesem Experiment wird die Wellenlänge von Licht einer Spektrallampe mittels eines Beugungsgitters bestimmt.

#### 1.3.1 Durchführung und Versuchsaufbau

Ein Beugungsgitter bekannter Gitterkonstante wird in ein Präzisionsgoniometer eingesetzt. Licht einer Spektrallampe (z. B. Quecksilber) tritt durch den Kollimatorschlitz und wird auf das Gitter gelenkt.

Mit einem Fernrohr werden die Ablenkungswinkel der Spektrallinien 1., 2. und 3. Ordnung gemessen. Die Wellenlängen werden aus der Gittergleichung

$$g \sin(\alpha_{\max,k}) = k\lambda$$

berechnet und mit Literaturwerten verglichen, um das verwendete Element zu identifizieren.

#### 1.3.2 Auflösung bzw. Unsicherheit der Messgeräte:

- Goniometer:  $\pm 1$  Winkelminute

#### 1.3.3 Erläuterung der systematischen (Typ-B) Unsicherheit der Messwerte:

Systematische Unsicherheiten ergeben sich durch Parallaxenfehler beim Ablesen des Nonius sowie ungenaue Justierung von Gitter und Fernrohr.

Eine nicht exakt zentrierte Lichtquelle oder Streulicht kann zu Abweichungen in den gemessenen Ablenkungswinkeln führen.

#### 1.3.4 Ergebnisse

$$g = 1/80 \text{ mm}$$

##### Violett - Stark

$n$	$\alpha [^\circ]$	$\lambda \text{ nm}$
1	$(2.00 \pm 0.12)$	$436 \pm 26$
2	$(3.92 \pm 0.12)$	$427 \pm 13$
3	$(5.92 \pm 0.12)$	$430 \pm 9$

$$\bar{\lambda} = 430 \pm 26$$

##### Gelb-orange - Sehr Stark

$n$	$\alpha [^\circ]$	$\lambda \text{ nm}$
1	$(2.51 \pm 0.12)$	$547 \pm 26$
2	$(5.25 \pm 0.12)$	$572 \pm 13$
3	$(7.88 \pm 0.12)$	$571 \pm 8$

$$\bar{\lambda} = 571 \pm 26$$

### Grün - Sehr Stark

$n$	$\alpha$ [°]	$\lambda$ nm
1	$(2.50 \pm 0.12)$	$545 \pm 26$
2	$(4.94 \pm 0.12)$	$538 \pm 13$
3	$(7.42 \pm 0.12)$	$538 \pm 8$

$$\bar{\lambda} = 538 \pm 26$$

#### 1.3.5 Diskussion

Im Vergleich zu Tabelle 1 im Anleitungstext ist zu erkennen, dass die gemessenen Werte sich mit denen einer Quecksilberdampfampe überschneiden. Aufgrund der Ableseschwierigkeit des Goniometers und des nach Augenmaß bestimmten Zentrums einer beliebigen Spektrallinie wurde die Unsicherheit des Goniometers auf 10 Winkelminuten erhöht.

Für die Unsicherheit der Mittelwert wurde aufgrund unzureichender Messreihe lediglich die Größte Unsicherheit als Abschätzung genommen.