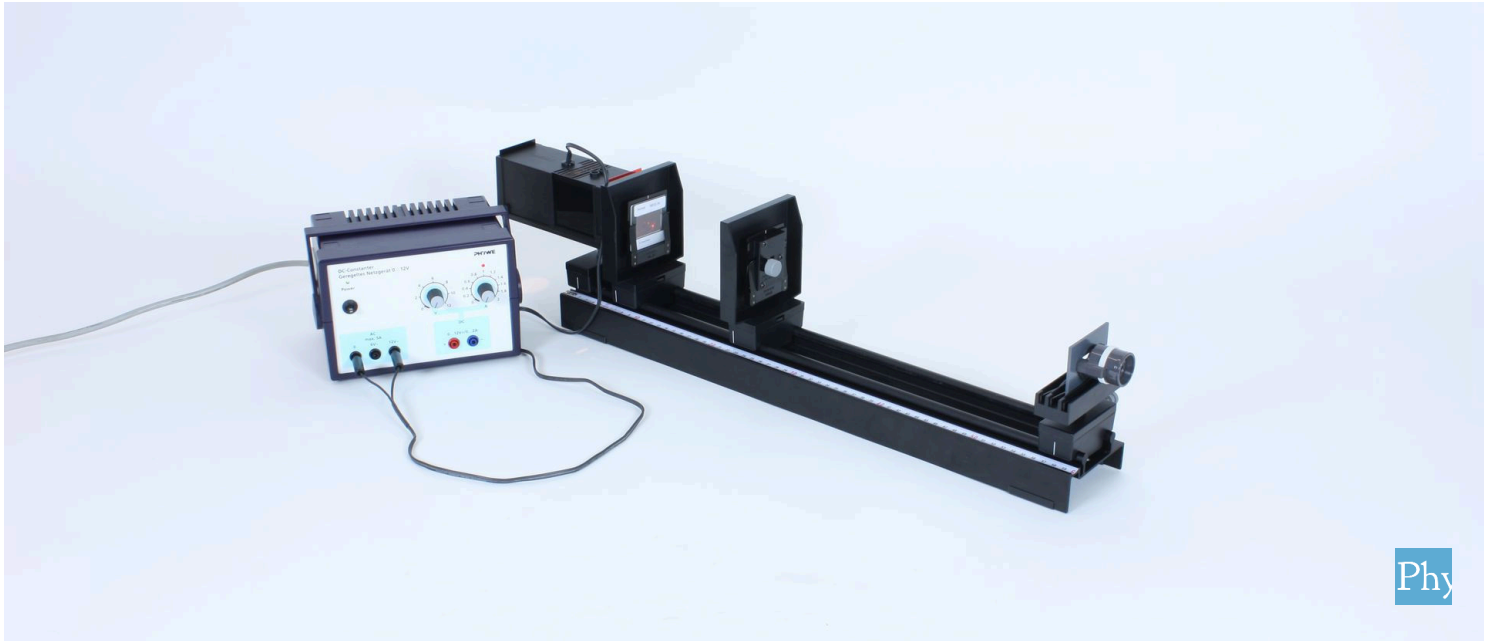


# Auflösungsvermögen des Mikroskops



Phy

Physik

Licht &amp; Optik

Beugung &amp; Interferenz



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



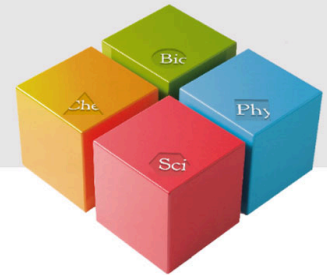
Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten



# Lehrerinformationen

## Anwendung



Der Versuchsaufbau

Optische Geräte dienen dazu, kleine oder weit entfernte Gegenstände zu vergrößern, sodass mehr Details beobachtet werden können. Doch jedes Gerät löst den Betrachtungsgegenstand je nach Funktionsprinzip und Aufbau unterschiedlich gut auf.

Um die Geräte untereinander vergleichen zu können, gibt es Kriterien, die das Auflösungsvermögen des Gerätes näher spezifizieren.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/4)

**PHYWE**  
excellence in science

### Vorwissen



Für die Schüler ist es von Vorteil, wenn sie bereits mit dem Phänomen der Beugung von Licht vertraut sind.

### Prinzip



Bei einem optischen Mikroskop wird durch das Objektiv ein reelles Zwischenbild erzeugt, welches mit Hilfe des Okulars betrachtet wird. Nach den Gesetzen der Strahlenoptik gibt es keine prinzipielle Grenze der durch das Objektiv bewirkten Vergrößerung. Da das Licht jedoch Welleneigenschaften besitzt, wird die mögliche Vergrößerung des Mikroskops durch Beugungserscheinungen begrenzt. Beim Durchlichtmikroskop sind Beugungen am Objekt und am Objektiv zu berücksichtigen.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/4)

**PHYWE**  
excellence in science

### Lernziel



Die Schüler sollen in diesem Versuch verstehen, wie die Wellenlänge des verwendeten Lichtes und die numerische Apertur das Auflösungsvermögen eines Mikroskopes beeinflusst.

### Aufgaben



Die Schüler sollen untersuchen, wie das Auflösungsvermögen eines Mikroskops von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes und vom wirksamen Objektivdurchmesser abhängt. Der wirksame Objektivdurchmesser wird näherungsweise durch die Breite des verstellbaren Spaltes am Objektiv realisiert. Anschließend sollen sie den Zusammenhang zwischen dem Auflösungsvermögen, der Wellenlänge des verwendeten Lichtes und der numerische Apertur des Mikroskops herausarbeiten.

## Sonstige Lehrerinformationen (3/4)

**PHYWE**  
excellence in science

### Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Um das Experiment überschaubar zu halten, wird nur auf die Beugung am Objektiv eingegangen. Von der Größenordnung her ergeben beide Beugungskomponenten die gleiche Auflösungsgrenze für das Mikroskop.

Da relativ viele Messwerte ermittelt werden müssen, empfiehlt sich arbeitsteiliges Vorgehen: Jede Schülergruppe führt die Messung nur für eine bestimmte Farbe oder nur mit einem bestimmten Gitter durch.

## Sonstige Lehrerinformationen (4/4)

**PHYWE**  
excellence in science

### Anmerkungen

Die Entscheidung darüber, ob die Gitterstruktur noch deutlich als solche erkannt wird, hängt stark vom subjektiven Empfinden des Beobachters ab. Deshalb ist zu erwarten, dass die Messergebnisse der Schüler erheblich streuen.

Die Beugung am Objektiv eines Mikroskops erfolgt durch die kreisförmige Objektivbegrenzung. Im Experiment hingegen wird eine Spaltblende als beugendes Objekt verwendet, die andere Interferenzergebnisse liefert als eine Lochblende. Somit sind von der Literatur abweichende Ergebnisse zu erwarten.

## Sicherheitshinweise

**PHYWE**  
excellence in science

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

**PHYWE**  
excellence in science

## Schülerinformationen

## Motivation

**PHYWE**  
excellence in science



Ein Mikroskop zur optischen Vergrößerung

Um weit entfernte oder sehr kleine Gegenstände erkennen zu können, bedient man sich optischer Geräte. Diese haben im Prinzip die Aufgabe, den Sehwinkel zu vergrößern. Man muss jedoch beachten, dass Licht Welleneigenschaften besitzt. Somit treten Beugungserscheinungen auf, die das Auflösungsvermögen beeinträchtigen und berücksichtigt werden müssen.

## Aufgaben

**PHYWE**  
excellence in science



Der Versuchsaufbau

1. Untersuche, wie das Auflösungsvermögen eines Mikroskops von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes und vom Durchmesser der Objektivöffnung abhängt.
2. Stelle fest, wie das Auflösungsvermögen, die Wellenlänge des verwendeten Lichtes und die numerische Apertur des Mikroskops zusammenhängen.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Leuchtbbox, Halogen 12 V/20 W	09801-00	1
2	Boden mit Stiel für Leuchtbbox für optische Profilbank	09802-20	1
3	Optische Profilbank für Schülerversuche, l = 600 mm	08376-00	1
4	Farbfiltersatz für additive Farbmischung	09807-00	1
5	Linse auf Reiter, f = +50 mm	09820-01	1
6	Linse auf Reiter, f = +100 mm	09820-02	1
7	Reiter für optische Profilbank	09822-00	1
8	Plattenhalter für 3 Objekte	09830-00	1
9	Messlupe	09831-00	1
10	Gitter, 4 Striche/mm	08532-00	1
11	Gitter, 8 Striche/mm	08534-00	1
12	Gitter, 10 Striche/mm	08540-00	1
13	Spalt bis 1 mm verstellbar	11604-07	1
14	Blendenhalter, aufsteckbar	11604-09	2
15	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1

## Aufbau (1/4)

**PHYWE**  
excellence in science

- Baue mit den beiden Stativstangen und dem variablen Stativfuß die optische Bank auf und lege den Maßstab an (Abb. 1 und Abb. 2).



Abbildung 1



Abbildung 2

## Aufbau (2/4)

**PHYWE**  
excellence in science

- Baue die Leuchte nach den Abbildungen 3 und 4 auf.
- Spanne die Leuchte so in den linken Teil des Stativfußes ein, dass sie mit der Linsenseite von der optischen Bank weg weist (Abb. 5).
- Schiebe die lichtundurchlässige Blende vor die Linse der Leuchte (Abb. 6).



Abbildung 3



Abbildung 4



Abbildung 5



Abbildung 6



## Aufbau (3/4)

**PHYWE**  
excellence in science

- Setze die Linse mit  $f = +50$  mm unmittelbar neben der Leuchte auf die optische Bank.
- Stecke den Blendenhalter und das Gitter mit 4 Strichen/mm in den Blendenhalter (Abb. 7).
- Platziere die Linse mit  $f = +100$  mm bei etwa 22 cm (Abb. 8).



Abbildung 7

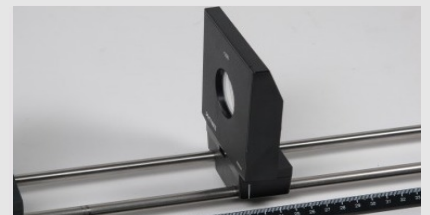


Abbildung 8

## Aufbau (4/4)

**PHYWE**  
excellence in science

- Befestige die Beobachtungsoptik in der rechten Nut des Plattenhalters und stellen Sie diesen mit Reiter am rechten Ende der optischen Bank auf (Abb. 9).
- Schließe die Leuchte an das Netzgerät an (12 V~) und schalte das Netzgerät ein (Abb. 10).

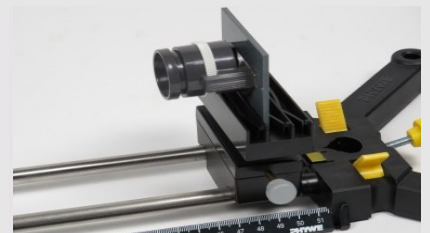


Abbildung 9

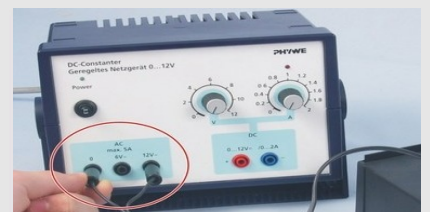


Abbildung 10

## Durchführung (1/4)

**PHYWE**  
excellence in science

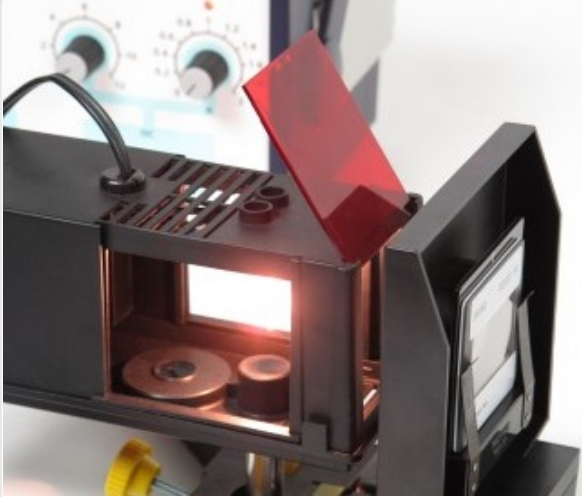


Abbildung 11

- Bilde das Gitter durch Verschieben der Linse mit  $f = +100$  mm scharf auf der Beobachtungsebene ab.
- Schiebe den Rotfilter in den Schacht der Leuchte (Abb. 11).

## Durchführung (2/4)

**PHYWE**  
excellence in science

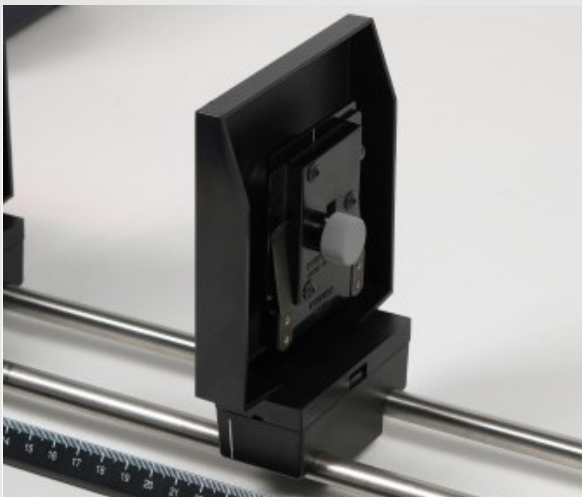


Abbildung 12

- Stecke den geschlossenen verstellbaren Spalt mit Blendenhalter auf die Linse mit  $f = +100$  mm (Abb. 12).
- Messe und notiere den Abstand  $s$  zwischen Gitter und verstellbarem Spalt.
- Vergrößere die Spaltbreite soweit, bis die Linienstruktur des Gitters (des Objekts) gerade erkennbar wird.

## Durchführung (3/4)

- Bringe die Linse mit  $f = +50$  mm ohne Gitter auf die Position 30 cm (Abb. 13).
- Verschiebe sie, bis die Spaltblende scharf in der Beobachtungsebene abgebildet wird (Abb. 14).
- Messe und notiere die Breite  $d$  des Spaltbildes.



Abbildung 13



Abbildung 14

## Durchführung (4/4)

- Messe die Bildweite  $b$  (Abstand Linse - Beobachtungsebene) und die Gegenstandsweite  $g$  (Abstand Spalt - Linse) und notiere die Ergebnisse.
- Stelle den Originalaufbau wieder her und nehme für die Bestimmung von  $d$  für alle anderen Kombinationen mit Filtern und Gittern vor, und notiere die Messwerte.
- Schalte das Netzgerät aus.



Abbildung 13



Abbildung 14



# Protokoll

## Aufgabe 1

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder!

Die Auflösungsgrenze eines Mikroskops ist der  Abstand zweier Gegenstandspunkte, bei dem diese gerade noch  wahrgenommen werden können. Im Experiment entspricht das der  (Abstand zweier benachbarter Linie) des jeweils verwendeten Gitters. Als Auflösungsvermögen bezeichnet man den  der  (Anzahl der Linien je mm).

## Aufgabe 2

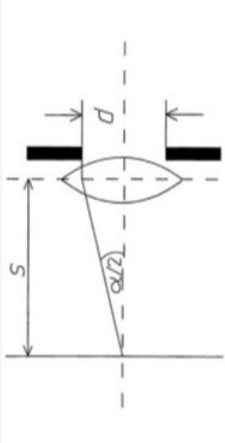


Abbildung 15

Die numerische Apertur  $A$  als Kenngröße eines Objektivs ist die Hälfte des Winkels, unter dem die wirksame Objektivöffnung vom Objekt her gesehen erscheint (Abb. 15):

$$A = n \cdot \sin(\alpha/2) \approx d/2s .$$

Da sich zwischen Objekt und Objektiv Luft befindet, hat  $n$  beim durchgeführten Experiment den Wert 1.

Berechne die numerische Apertur  $A$  für alle untersuchten Fälle, sowie das Produkt  $G \cdot A$ . Welcher Zusammenhang zwischen dem Auflösungsvermögen und der numerischen Apertur lässt sich aus dem Produkt  $G \cdot A$  sehen?

Das Auflösungsvermögen verhält sich antiproportional zu der numerischen Apertur.

## Aufgabe 3

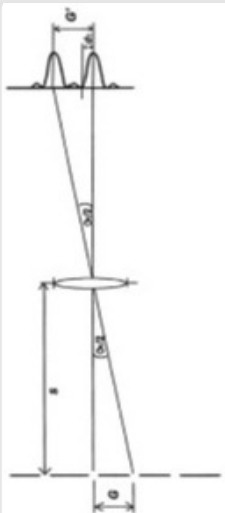


Abbildung 16

Erkläre das begrenzte Auflösungsvermögen eines Mikroskops anhand der Beugung des Lichts an der Objektivöffnung unter Verwendung der Abb. 16.

Durch die Beugung des Lichts an der  werden zwei Gegenstandspunkte als Beugungsfiguren abgebildet, die sich bei  Abstand der Gegenstandspunkte teilweise . Die beiden Beugungsfiguren können nur dann sicher  erkannt werden, wenn das  der einen außerhalb des ersten  der anderen liegt (). Dadurch wird das  des Mikroskops begrenzt.

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 21: Definition des Auflösungsvermögens	0/5
Folie 22: Zusammenhang zw. numerische Apertur und Auflösungsvermögen	0/1
Folie 23: Erklärung des begrenzten Auflösungsvermögens	0/8

Gesamtsumme

 Lösungen Wiederholen