

## Thema: Experimente mit Licht

In der ersten Aufgabe geht es um die Untersuchung der Ausbreitung und der Absorption von Licht mithilfe einer Solarzelle. Im Zentrum der zweiten Aufgabe steht die Beleuchtung einer Vakuum-Fotозelle mit Licht verschiedener Wellenlängen. Die dritte Aufgabe beschäftigt sich mit Untersuchungen an einem Gitter und an einem Vierfachspalt.

### Aufgabenstellung

#### Aufgabe 1

In den nachfolgenden Experimenten fällt Licht unterschiedlicher Lichtquellen auf eine Solarzelle, die einen elektrischen Strom erzeugt.

- 1.1** In einem ersten Experiment wurde eine Halogenlampe als Lichtquelle verwendet. Es wurde untersucht, wie die Stromstärke  $I$  vom Abstand  $d$  zu dieser Halogenlampe abhängt.

Zeichnen Sie einen Versuchsaufbau, mit dem Messwerte wie in Material 2 (M2) aufgenommen werden können, indem Sie M1 ergänzen.

Ermitteln Sie aus den Messwerten in M2 den zwischen Abstand  $d$  und Stromstärke  $I$  bestehenden funktionalen Zusammenhang  $I = f(d)$ , wobei Sie Ihr Vorgehen in der im Unterricht vereinbarten Form dokumentieren.

Berechnen Sie den in einem Abstand von 30 cm zu erwartenden Wert für die Stromstärke  $I$ .

[11 BE]

- 1.2** In einem anderen Experiment wurde bei konstantem Abstand zur Solarzelle eine LED verwendet, die grünes Licht emittiert. Es wurde eine unterschiedliche Anzahl  $n$  von identischen Graufiltern in den Lichtweg zur Solarzelle gebracht und die Stromstärke  $I$  gemessen (M3).

Bestätigen Sie anhand von zwei Messpunkten in M3, dass ein Filter jeweils etwa 50% des Lichts absorbiert.

Ermitteln Sie die mindestens nötige Anzahl an Graufiltern, damit die an der Solarzelle registrierte Stromstärke auf einen Wert von unter 2% des Wertes ohne Filter sinkt, wobei Sie Ihren Lösungsweg dokumentieren.

In einem weiteren Experiment wurden andere Graufilter verwendet, die 25% des Lichts absorbieren.

Zeichnen Sie die zugehörigen Messwerte in das Diagramm in M3 ein, wobei Sie Ihr Vorgehen dokumentieren.

[9 BE]

- 1.3** Führt man das Experiment aus 1.2 mit einer Halogenlampe als Lichtquelle durch, so ergibt sich das in M4 dargestellte Diagramm.

Beschreiben Sie das Diagramm.

Beurteilen Sie, ob man auch bei Verwendung der Halogenlampe noch von einem 50%-Filter sprechen kann.

In M5 ist das Intensitätsspektrum der Halogenlampe dargestellt.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, warum sich die Veränderung der Stromstärke  $I$  in M3 und M4 unterscheidet.

[9 BE]

**Aufgabe 2**

Eine Vakuum-Fotозelle wird nacheinander mit Licht verschiedener Wellenlängen  $\lambda$  beleuchtet. Mit einer geeigneten elektrischen Schaltung lässt sich eine für die Wellenlänge charakteristische Spannung messen.

- 2.1** Zeichnen Sie ausgehend von M6 einen möglichen Versuchsaufbau, mit dem diese charakteristische Spannung  $U$  gemessen werden kann.

Erläutern Sie die physikalischen Vorgänge in der Fotозelle, die bei Beleuchtung mit Licht einer bestimmten Wellenlänge zu einer Spannung  $U$  führen.

Erklären Sie in diesem Zusammenhang die Energiebilanz beim Fotoeffekt:  $h \cdot f = E_{\text{kin}} + E_A$ .

$h$ : Planck-Konstante,  $f$ : Frequenz,  $E_{\text{kin}}$ : kinetische Energie,  $E_A$ : Austrittsenergie bzw. Austrittsarbeit [11 BE]

- 2.2** M7 zeigt die bei verschiedenen Wellenlängen  $\lambda$  an der Fotозelle gemessenen Spannungen  $U$ . Berechnen Sie die in M7 fehlenden Werte aus den gemessenen Werten für  $\lambda$  und  $U$ .

Zeichnen Sie ein  $f$ -  $E_{\text{kin}}$  - Diagramm.

Ermitteln Sie aus diesem Diagramm einen Wert für die Planck-Konstante  $h$ . [9 BE]

- 2.3** Die in einer Fotозelle befindliche Ringanode ist aus einem anderen Material hergestellt als die Kathodenschicht.

Stellen Sie anhand von M7 und M8 eine begründete Hypothese auf, welche Materialien zur Herstellung der Ringanode geeignet sind. [3 BE]

**Aufgabe 3**

Ein Gitter und später ein Vierfachspalt (M9) werden senkrecht mit einem Laser beleuchtet und das Ergebnis jeweils auf einem Schirm beobachtet.

- 3.1** M10 zeigt einen typischen Ausschnitt des Interferenzbildes bei Verwendung eines Gitters.

Erläutern Sie das Entstehen der Maxima und Minima in dem Interferenzbild. [5 BE]

- 3.2** Für die Maxima eines Interferenzbildes bei Verwendung eines Gitters gilt:

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin \left[ \arctan \left( \frac{a_n}{e} \right) \right].$$

$n$ : Ordnung des Maximums;  $\lambda$ : Wellenlänge;  
 $g$ : Gitterkonstante;  $e$ : Abstand Gitter – Schirm;  
 $a_n$ : Abstand zwischen Maximum 0. und Maximum  $n$ . Ordnung

Leiten Sie diese Gleichung begründet unter Zuhilfenahme geeigneter Skizzen her.

Berechnen Sie ausgehend von M10 möglichst genau die Gitterkonstante  $g$  des Gitters.

Bestimmen Sie die Messunsicherheit für die berechnete Gitterkonstante  $g$  durch geeignete Auswahl minimaler und maximaler Werte für  $a_n$  und  $e$ . [12 BE]

- 3.3** In M11 ist das Interferenzbild bei Verwendung eines Vierfachspalts abgebildet. Der Spaltmittenabstand zweier benachbarter Spalte beträgt  $g = 0,10$  mm.

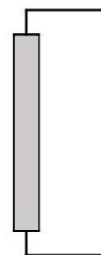
Beschreiben Sie das Interferenzbild in M11.

Bestätigen Sie anhand von M11, dass die Formel aus 3.2 nicht für den mit einem Pfeil markierten Leuchtfleck gilt. [7 BE]

- 3.4** In einem Gedankenexperiment wird die Intensität des Laserlichts so stark reduziert, dass immer nur ein Photon gleichzeitig im Versuchsaufbau mit dem Vierfachspalt unterwegs ist. Zusätzlich werden die beiden mittleren Spalte mit jeweils einem Detektor versehen, mit dem festgestellt werden kann, ob das Photon den zugehörigen Spalt passiert hat. Der Schirm wird längere Zeit belichtet.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie sich das Schirmbild bei dieser Versuchsanordnung vom Schirmbild bei der Anordnung ohne Detektoren unterscheidet. [4 BE]

**Material**

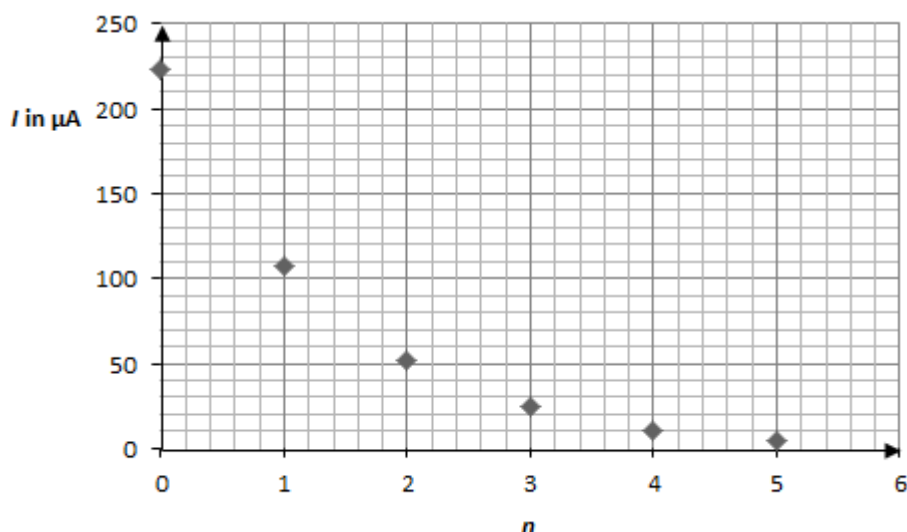


Solarzelle

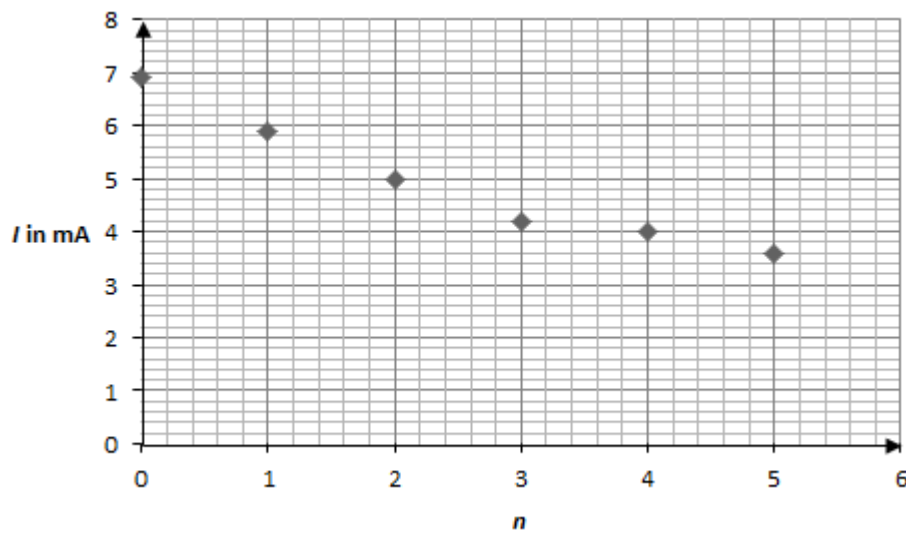
**M1:** Zu ergänzender Versuchsaufbau zu Teilaufgabe 1.1.

Abstand $d$ in cm	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0
Stromstärke $I$ in mA	45,1	28,5	19,4	14,3	10,7	8,4	6,9	5,7	4,1	3,1	2,5	2,0	1,6

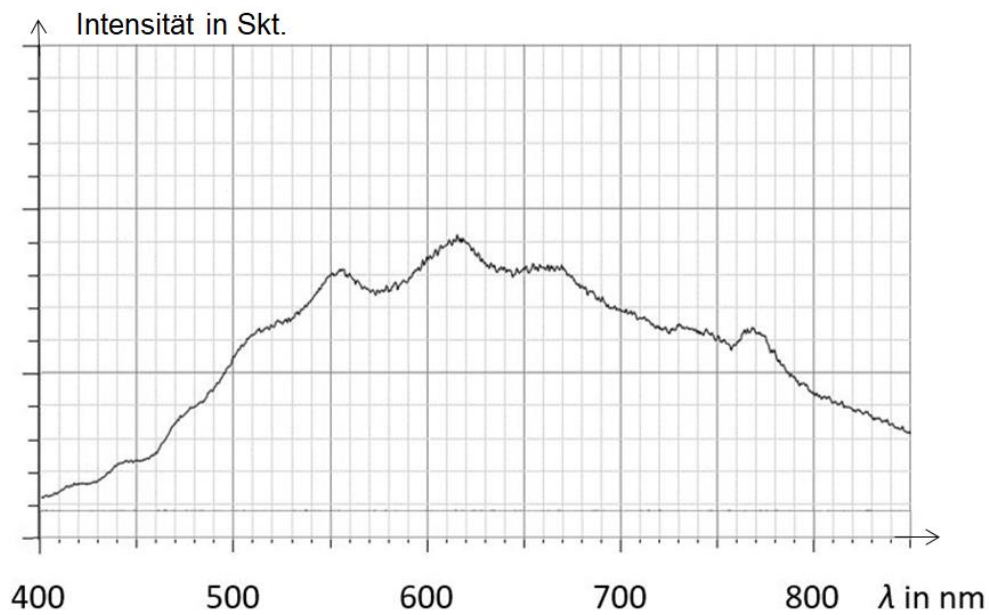
**M2:** Messwerte für die an der Solarzelle gemessene Stromstärke  $I$  in verschiedenen Abständen  $d$  von der Halogenlampe.



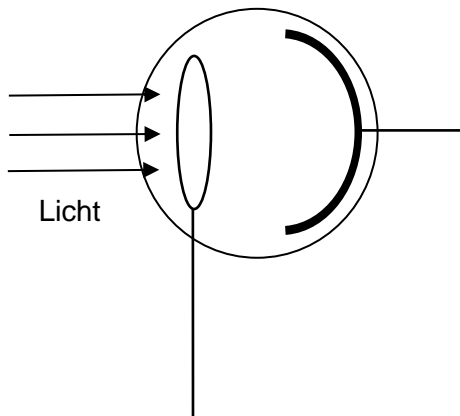
**M3:**  $n - I$ - Diagramm für die von einer Solarzelle erzeugte Stromstärke  $I$  bei verschiedener Anzahl  $n$  an Graufiltern bei festem Abstand zur LED, die grünes Licht emittiert.



**M4:**  $n - I$ - Diagramm bei Verwendung einer Halogenlampe als Lichtquelle.



**M5:** Spektrum der Halogenlampe, Rechtsachse beginnt erst bei 400 nm.



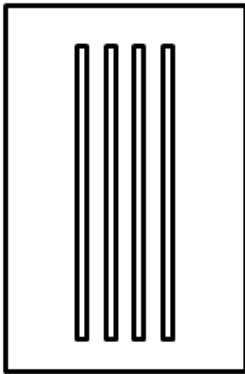
**M6:** Schematische Darstellung der Vakuum-Fotozelle.

Wellenlänge $\lambda$ in nm	480	560	590	635	665
Spannung $U$ in V	0,89	0,51	0,41	0,22	0,17
Frequenz $f$ in $10^{14}$ Hz	6,25	5,35	5,08		4,51
Energie $E_{\text{kin}}$ in $10^{-19}$ J	1,43	0,82	0,66		0,27

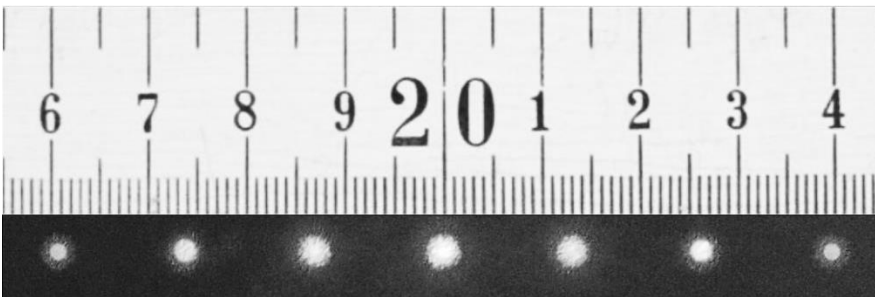
**M7:** Messwerte für die Spannungen  $U$  bei Beleuchtung mit verschiedenen Wellenlängen  $\lambda$  und daraus berechnete Werte für die Frequenz  $f$  des Lichts und die kinetische Energie der Elektronen  $E_{\text{kin}}$ .

Material	Cäsium	Kalium	Barium	Magnesium	Kupfer	Platin
Austrittsenergie $E_A$ in eV	1,94	2,25	2,52	3,70	4,40	5,36

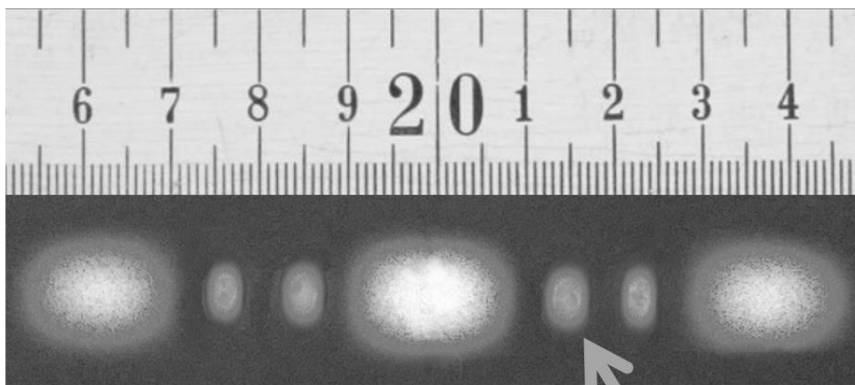
**M8:** Austrittsenergie bzw. Austrittsarbeit verschiedener Materialien.



**M9:** Vierfachspalt mit vier Spalten mit dem Spaltmittenabstand  $g = 0,10$  mm.



**M10:** Interferenzbild mit Maßstab in cm. Der Abstand zwischen Gitter und Schirm beträgt 0,85 m und die Wellenlänge des Lasers 633 nm.



Markierter Leuchtfleck

**M11:** Interferenzbild mit Maßstab in cm. Der Abstand zwischen Vierfachspalt und Schirm beträgt 6,15 m und die Wellenlänge des Lasers 633 nm.

### Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung