

# Von der kosmischen Hintergrundstrahlung zur Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelation

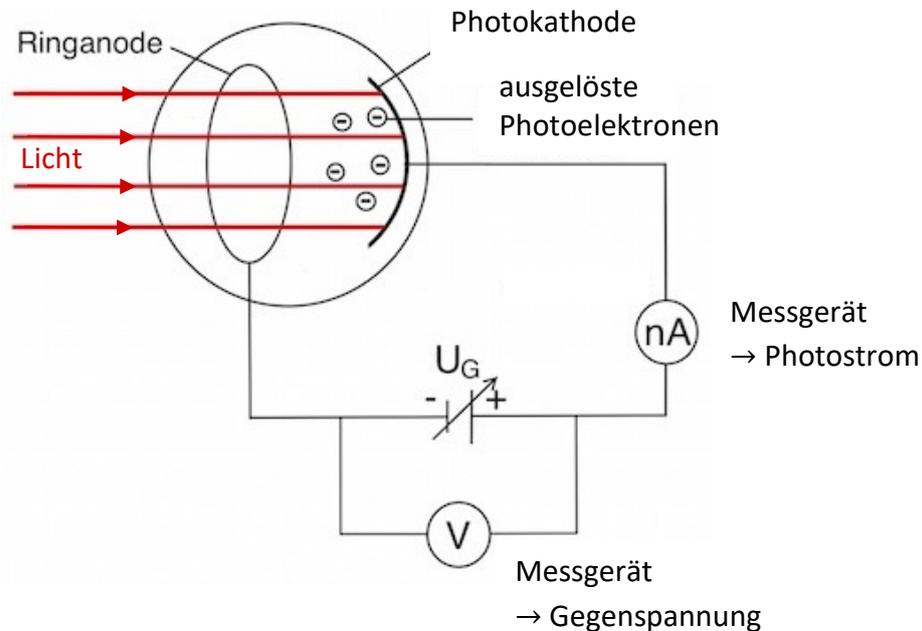
## Arbeitsblatt 1: Der Lichtelektrische Effekt

### Einsteins Erklärung für den Lichtelektrischen Effekt:

Ein Photon der Energie  $E_\gamma = h \cdot f$  wird von einem Elektron absorbiert und gibt dabei seine Energie an das Elektron ab. Wenn die Energie des Photons größer war als die Ablösearbeit  $W_A$ , kann das Elektron die Metallplatte verlassen und hat dann eine maximale Energie

$$E_{kin,max} = E_\gamma - W_A = h \cdot f - W_A \quad (\text{Einsteingleichung}).$$

Wir messen die maximale kinetische Energie der Photoelektronen in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichts, das den Lichtelektrischen Effekt auslöst:



Eine Vakuum-Photozelle mit Cäsium-Kathode wird mit dem Licht monochromatischer Leuchtdioden unterschiedlicher Wellenlängen bestrahlt. Aus der Cäsium-Kathode kann man bereits mit Licht im sichtbaren Wellenlängenbereich Photoelektronen auslösen. Ihre Bewegungsenergie, erlaubt es den Photoelektronen, die Ringanode zu erreichen und sie fließen über einen Messverstärker ab. Man misst einen Photostrom. Die Bewegungsenergie  $E_{kin,max}$  der Photoelektronen, die nicht einen Teil ihrer Energie durch Stöße verloren haben, bevor sie an der Ringelektrode ankommen, kann man messen, indem man zwischen Photokathode und Ringanode eine variable Gegenspannung  $U_G$  legt.  $U_G$  wird so lange erhöht, bis der Photostrom zum Erliegen kommt. Dann können auch die Photoelektronen mit der Bewegungsenergie  $E_{kin,max}$  die Ringanode gerade nicht mehr erreichen und es gilt:  $E_{kin,max} = e \cdot U_G$ .

Diese Methode zur Messung von  $E_{kin,max}$  der Photoelektronen heißt **Gegenfeldmethode**.

## Aufgaben:

Das Experiment wird mit folgenden monochromatischen Leuchtdioden durchgeführt:

Farbe	rot	gelb	grün	türkis	blau
Frequenz $f$ in $10^{14} \text{ Hz}$	4,91	5,10	5,71	5,94	6,36
Gegenspannung $U_G$ in $V$					

- 1) Wir führen das Experiment gemeinsam durch.  
Trage in die Tabelle die Gegenspannungen  $U_G$  an, bei denen der Photostrom jeweils verschwindet.
- 2) Trage in ein  $f$ - $E_{kin,max}$ -Diagramm deine fünf Messpunkte ein und mache dir klar, dass diese Messpunkte näherungsweise auf einer Geraden liegen! Zeichne diese Gerade so lang, dass sie die Hochwertachse schneidet.
- 3) Welche physikalische Bedeutung haben die Steigung der Geraden und ihre Schnittpunkte mit den Achsen? Mache dir den Zusammenhang zwischen der Geraden und der Einsteingleichung klar!
- 4) Ermittle aus deinem Diagramm Näherungswerte für das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$ , für die Ablösearbeit  $W_A$  von Cäsium und für die Grenzwellenlänge  $\lambda_g$ , unterhalb der die Wellenlänge von Licht liegen muss, damit das Licht bei einer Cäsium-Kathode einen Photostrom bewirken kann.
- 5) Das **sofortige Einsetzen des Photostroms** lässt sich mit der klassischen Vorstellung von Licht als elektromagnetische Welle nicht verstehen.

Nach der klassischen Vorstellung müsste ein Atom im Metall so lange mit Licht bestrahlt werden, bis es die Energie „angesammelt“ hat, die der Ablösearbeit  $W_A$  entspricht.

Doch wie viel Zeit würde, wenn man Licht ausschließlich als elektromagnetische Welle betrachtet, vergehen, bis Elektronen aus einer Cäsium-Kathode, die mit einer grünen Leuchtdiode der Wellenlänge  $\lambda = 525 \text{ nm}$  der Intensität  $10 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2}$  bestrahlt wird, abgelöst werden? [Ergebnis:  $\Delta t \approx 17 \text{ min}$ ]

**Hinweis:** Schätze die Gesamtenergie, die während der gesuchten Zeit auf ein Cäsium-Atom fällt, durch die Strahlungsenergie ab, die auf eine Kreisfläche mit dem typischen Atomradius von  $10^{-10} \text{ m}$  fällt!