

Anleitung A2: Äußerer photoelektrischer Effekt

Einleitung

Im 18. Jahrhundert gab es einen langandauernden Streit über die Natur des Lichtes. NEWTON und seine Anhänger postulierten, dass Licht aus Partikeln bestehen müsste. Sie konnten die gradlinige Ausbreitung von Licht und auch das Brechungsgesetz durch die Teilchenhypothese erklären. HUYGENS und Andere vertraten die Auffassung, dass Licht eine Welle sei, und die Beobachtungen über Interferenz und Beugung ließen sich zwanglos mithilfe der Wellentheorie verstehen. Die Quantenphysik zeigt, dass beide Seiten teilweise Recht hatten und man zur vollständigen Beschreibung aller Eigenschaften von Licht sowohl das Wellen- als auch das Teilchenmodell berücksichtigen muss¹.

HEINRICH HERTZ (1857-1894) stellte 1887, WILHELM HALLWACHS (1859-1922) 1895 fest, dass die Ladung einer gegen ihre Umgebung negativ geladenen isolierten Metallplatte abnimmt, wenn man sie mit ultraviolettem Licht bestrahlt. Daraus folgerten sie, dass Elektronen die Platte verlassen haben müssen. Diese von Licht induzierte Elektronenemission wurde von LENARD 1902 quantitativ vermessen. 1905 konnte EINSTEIN die experimentellen Befunde mithilfe des Lichtquanten-Modells erklären².

In diesem Versuch soll die lichtinduzierte Elektronenemission quantitativ im Hinblick auf die Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Lichtintensität überprüft werden. Außerdem soll der Versuchsaufbau so geeicht werden, dass die Wellenlänge von monochromatischen LEDs bestimmt werden kann.

Vorbereitung

Als Vorbereitung auf diesen Versuch sollten im Vorfeld folgende Themen bearbeitet werden, außerdem sollte der Aufbau nachvollzogen sowie die in der Auswertung benötigten Formeln hergeleitet werden:

- Metalldampf lampen
- Farbfilter
- Photozelle
- Austrittsarbeit
- Äußerer photoelektrischer Effekt
- Gegenspannungsmethode
- Leuchtdioden

¹vgl. Demtröder S.77

²vgl. Demtröder S.84

<https://indico.cern.ch/event/50160/contributions/2019880/attachments/963036/1367319/Versuchsanleitung.pdf>

Sicherheitshinweis

VORSICHT: Die Abdeckung der Lichtquelle ist sehr warm!



Aufbau

Der Aufbau besteht im Wesentlichen aus einer Quecksilberdampfampe und einer Photozelle, die auf einer Schiene befestigt sind, um sie besser ausrichten zu können. Die Quecksilberdampfampe ist über ein Vorschaltgerät angeschlossen, um sie mit 230 V betreiben zu können. Die Photozelle befindet sich in einem Gehäuse, das mit einem Blendenrevolver und fünf verschiedenen vorgeschalteten Farbfiltern bestückt ist.³ Sie wird über die beiden Anschlüsse auf der Rückseite mit dem Netzteil verbunden. Dabei wird der Anschluss gewählt der die Einstellung der Spannung zwischen $-4,5\text{ V} - 0\text{ V}$ bzw. $-4,5\text{ V} - +30\text{ V}$ erlaubt. Die anderen Anschlüsse des Netzgeräts werden für diesen Versuch nicht benötigt. Zusätzlich wird der Gleichstromverstärker über den BNC - Anschluss an die Photozelle angeschlossen. Der Verstärker ermöglicht es, Stromstärken bis 10^{-13} A zu messen⁴(vgl. Abb. 1.1).

Beachten Sie! Die Metaldampfampe hat eine **Anlaufzeit von 10 min** und sollte daher frühzeitig eingeschaltet werden. Auch sollte die Lampe zwischen den Versuchen nicht ausgeschaltet werden. Wenn nötig kann sie mit einer Kappe abgedeckt werden.

³vgl. S.4 Conatex Anleitung

⁴vgl. S.11f Conatex Anleitung

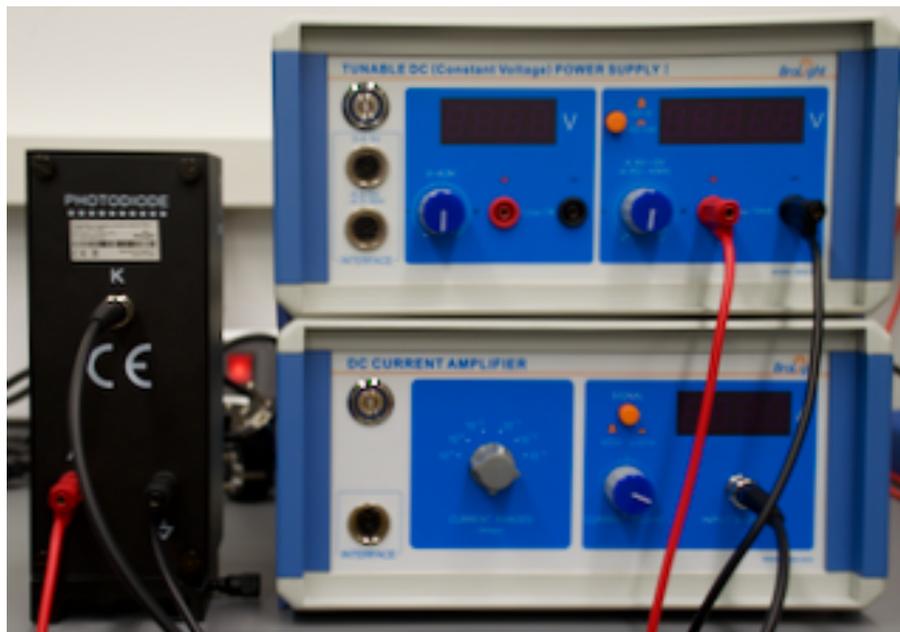


Abbildung 1.1: Anschluss der Photozelle

Messung

Im ersten Abschnitt der Messung wird mit der Gegenspannungsmethode die Spannung der Photozelle bei verschiedenen Wellenlängen gemessen, um die Apparatur zu eichen. Der zweite Teil behandelt den Zusammenhang zwischen dem Photostrom und der Intensität des Lichts. Die Intensität wird dabei einmal über den Abstand der Lampe zur Photozelle und einmal über die Öffnung der Blende variiert. Im dritten Teil wird wiederum mit der Gegenspannungsmethode die Spannung der Photozelle bei Bestrahlung mit drei verschiedenen LEDs vermessen. Später soll so die Wellenlänge ihres Lichts bestimmt werden.

Bestimmung von h/e

Im ersten Teil soll zunächst zur Eichung der Zusammenhang zwischen Photostrom I und Wellenlänge λ vermessen werden. Dazu muss der Photostrom für alle Wellenlängen mit der Gegenspannungsmethode gemessen werden. Es sollte je eine Messreihe mit der 2 mm Blende und eine mit der 4 mm Blende durchgeführt werden. Der Abstand zwischen der Photozelle und der Hg-Lampe ist nicht kritisch, erfahrungsgemäß liefert der Aufbau bei einem Abstand von $s = 0,35 \text{ m}$ gute Ergebnisse. Wichtig ist nur, dass er während des Versuchs nicht geändert wird.

Vor jeder Messung muss der Stromverstärker kalibriert werden. Dazu wird er auf die größte Verstärkung (10^{-13} A) und auf den Modus „CALIBRATION“ eingestellt. Dann kann die Anzeige über den Regler „CURRENT ADJUST“ genau auf 0 A eingestellt werden. Danach wird er wieder auf die Position „MEASURE“ zurückgestellt. Das Netzteil muss für diesen Versuch auf die Position $-4,5 \text{ V} - 0 \text{ V}$ eingestellt sein.

Die Fehler ergeben sich aus der Empfindlichkeit der Messapparatur. Die Interferenzfilter arbei-

ten ebenfalls nicht fehlerfrei, ihr Fehler muss abgeschätzt werden.

Warum wird der Versuch mit zwei verschiedenen Blenden durchgeführt? Welches Ergebnis erwarten sie?

Intensität und Photostrom

Der Zusammenhang zwischen Intensität und Photostrom soll auf zwei Arten untersucht werden. Einerseits soll der Photostrom bei verschiedenen Abständen der Hg-Lampe zur Photozelle gemessen werden, andererseits bei verschiedenen Blendenöffnungen und konstantem Abstand. Die Wellenlänge ist dabei konstant, es wird keine Gegenspannung angelegt.

Bei der ersten Messung bleibt die Blende konstant und der Photostrom wird in regelmäßigen Abständen der Lampe zur Photozelle abgelesen. Für die zweite Messung wird der Abstand zur Photozelle fest eingestellt. Der Photostrom soll jetzt bei verschiedenen Blendenöffnungen gemessen werden. Da nur drei Blenden zur Verfügung stehen sollten mehrere Messreihen durchgeführt werden

Wie verändert sich der Fehler, wenn mehrere Messreihen durchgeführt werden?

Vermessung der LEDs

Für die Bestimmung der Wellenlänge der drei monochromatischen LEDs wird ihre Stoppspannung analog zum ersten Versuchsteil gemessen. Der Fehler ergibt sich ebenfalls analog zur ersten Messung durch die Empfindlichkeit des Messgerätes.

Auswertung

Bestimmung von h/e

Tragen Sie die gemessenen Stoppspannungen gegen die Frequenz auf. Aus der kinetischen Energie der Elektronen folgt ein linearer Zusammenhang zwischen der Stoppspannung U und der Frequenz des eingestrahlt Lichts ν . Die Steigung der Geraden ist dabei die Konstante $\frac{h}{e}$, der y-Achsenabschnitt ist die Austrittsarbeit W_A . Bestimmen Sie diese beiden Werte mit Fehlern und vergleichen Sie diese mit Literaturwerten.

$$U(\nu) = \frac{h}{e} \cdot \nu - \frac{W_A}{e} \quad (1.1)$$

Intensität und Photostrom

Tragen Sie den gemessenen Photostrom aus der ersten Messung gegen den negativ quadratischen Abstand r^{-2} auf. Daraus ergibt sich ein Zusammenhang der mit einem Offset zu einer Geraden wird. Bestimmen Sie, welchen Offset man den Abständen hinzufügen muss, um einen linearen Zusammenhang zu erhalten. Woher kommt diese Abweichung?

Tragen Sie im zweiten Teil die gemessenen Photoströme gegen die Fläche der Blende auf. Warum ergibt sich hier ein linearer Zusammenhang?

Vermessung der LEDs

Bestimmen Sie aus der im ersten Teil durchgeführten Eichung die Wellenlänge der LEDs und diskutieren Sie die Ergebnisse.

Didaktische Betrachtung

Für den didaktischen Teil Ihrer Auswertung sollten folgende Punkte bearbeitet werden:

- Für welche Jahrgangsstufe/Kurse (Grund- und/oder Leistungskurs) ist der Versuch geeignet?
- Formulieren Sie Ziele einer Unterrichtsstunde mit dem Versuch zum Photoeffekt.
- Wie lässt sich das Thema einführen oder motivieren?
- In welchem Fall ist eine qualitative, wann eine quantitative Auswertung sinnvoll?
- Erklären Sie, wie Sie die Schülerinnen und Schüler in diesem Demonstrationsversuch aktivieren wollen.
- Wie kann man den Schülerinnen und Schülern Aufbau und Funktion der Photozelle veranschaulichen?