

Das Photonenmodell

Bei der Durchführung der Gegenfeldmethode erkennt man: Die maximale kinetische Energie der ausgelösten Photoelektronen ist proportional zur Frequenz des eingestrahnten Lichts. Die Steigung ist materialunabhängig. Diese Größe ist das Planck'sches Wirkungsquantum h , eine Naturkonstante: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \frac{\text{J}}{\text{s}}$. Damit können wir unsere Geradengleichung schreiben als

$$E_{kin,max} = h \cdot f - W_A$$

Die Beobachtungen der vorherigen Versuche konnten erstmals 1905 von Albert Einstein gedeutet werden. Er formulierte seine Lichtquantenhypothese:

Einsteins Lichtquantenhypothese

Der Energieaustausch von Licht mit Materie erfolgt in Energiebeiträgen der Größe $E_{Licht} = h \cdot f$. Diese Quanten nennt man Photonen. Die Lichtenergie ist quantisiert, das heißt Energie kann nur portionsweise übertragen werden.

Dieses (für uns neue) Modell des Lichts bezeichnen wir als Photonenmodell des Lichts.

Deutung des Photoeffekts im Photonenmodell

Beim Photoeffekt trifft Licht auf ein Metall. Ein Photon gibt dabei seine gesamte kinetische Energie an das Elektron ab. Ist diese Energie groß genug, so kann das Elektron die Auslösearbeit überwinden und das Metall verlassen. Die Energieübertragung erfolgt also portionsweise. Höherfrequentes Licht kann größere Energieportionen abgeben aufgrund der Beziehung $E_{Licht} = h \cdot f$. Dies erklärt, warum der Photoeffekt erst ab einer bestimmten Grenzfrequenz auftritt.

Die Gleichung $h \cdot f = E_{kin,max} + W_A$ kann dabei auch als Energiebilanzgleichung interpretiert werden. Wir nehmen an, die Energie, welche das Elektron an das Photon abgibt, ist größer als die notwendige Auslösearbeit. Ein Teil der übertragenen Energie benötigt das Elektron, um das Metall zu verlassen. Die restliche übertragene Energie wird in kinetische Energie umgewandelt.

Frequenz und Intensität des Lichts

Mit dem Photonenmodell können wir die Bedeutung einer größeren Intensität und größeren Frequenz beschreiben. Wir gehen davon aus, dass der Photoeffekt auftritt.

- Bei konstanter Frequenz bedeutet eine höhere Intensität des verwendeten Lichts, dass mehr Photonen gleicher Energie auf das Metall treffen und dadurch mehr Elektronen ausgelöst werden.
- Bei konstanter Intensität bedeutet eine höhere Frequenz des verwendeten Lichts, dass gleich viele Photonen auf das Metall treffen, diese aber eine größere Energie haben. Das heißt die ausgelösten Elektronen haben eine größere kinetische Energie.

Deutung des Hallwachs-Versuchs

Wir können die Beobachtungen des Hallwachs-Versuchs mit dem Photonenmodell erklären.

Beobachtung	Erklärung im Photonenmodell
Existenz einer Grenzfrequenz	Haben die Photonen eine zu geringe Energie, können noch so viele Photonen den Photoeffekt nicht auslösen. Die Energie der Photonen ist proportional zur eingestrahnten Frequenz.
Existenz einer maximalen kinetischen Energie	Ein Elektron absorbiert die Energie eines Photons, damit ist die Energieaufnahme beschränkt.
Abhängigkeit der Photospannung von der Frequenz des eingestrahnten Lichts	Die maximale kinetische Energie ist proportional zur Photospannung. Nach der lichtelektrischen Gleichung ist die Energie und damit auch die Photospannung von der Frequenz abhängig.
Unabhängigkeit der Photospannung von der Intensität	Die maximale kinetische Energie ist proportional zur Photospannung. Nach der lichtelektrischen Gleichung ist die Energie und damit auch die Photospannung von der Intensität unabhängig.