

Zusammenfassung Fotoeffekt und Gegenfeldmethode

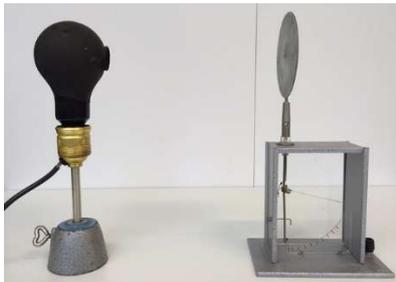
Der Fotoeffekt - Wechselwirkung zwischen Licht und Materie

Der Fotoeffekt wurde im Jahre 1887 von *Heinrich Hertz* entdeckt und von *Wilhelm Hallwachs*, einem seiner Schüler, sowie von *Philip Lenard* weiter untersucht.

Die richtige Deutung des Fotoeffektes gelang aber erst *Albert Einstein* in einer seiner Arbeiten aus dem Jahr 1905. Vor allem dafür erhielt er im Jahre 1921 den Nobelpreis für Physik.

Versuch:

Eine geschmirgelte Zinkplatte, die sich auf einem Elektroskop befindet, wird negativ geladen und anschließend mit dem Licht einer Quecksilberdampf Lampe bestrahlt.



Eine Änderung der Ladung kann am Zeigerausschlag des Elektroskops beobachtet werden.

Beobachtung:

Beim Bestrahlen der Zinkplatte geht der Zeigerausschlag am Elektroskop zurück - die Zinkplatte wird also entladen:



Dieser Effekt tritt allerdings **nicht** auf, wenn

- die Zinkplatte positiv geladen wurde
- sich eine Glasscheibe zwischen Lampe und Zinkplatte befindet
- eine andere Lichtquelle (z.B. Natriumdampf Lampe, Glühlampe etc.) verwendet wird

Erklärung:

Durch das Bestrahlen mit dem Licht der Quecksilberdampf Lampe werden überschüssige Elektronen aus der Oberfläche der Zinkplatte herausgelöst.

Dass dieser Effekt mit anderen Lichtquellen oder mit einer Glasscheibe zwischen Lampe und Zinkplatte, die das UV-Licht der Quecksilberlampe absorbiert, *nicht* auftritt, zeigt:

Nur das kurzwellige UV-Licht ist in der Lage, Elektronen aus der Zinkplatte herauszulösen.

Fotoeffekt

Den Effekt, dass Licht aus der Oberfläche von Festkörpern Elektronen herauslösen kann, bezeichnet man als **Fotoeffekt** (oder nach dem Entdecker auch *Hallwachs-Effekt*). Die durch Licht herausgelösten Elektronen nennt man **Fotoelektronen**.

Die Ablösearbeit

Um aus der Zinkplatte Elektronen herauszulösen, musste an ihnen **Arbeit** verrichtet werden, die nur vom Licht stammen kann.

Die Arbeit, die zum Herauslösen von Elektronen notwendig ist, bezeichnet man als **Ablösearbeit** W_A .

Die notwendige Ablösearbeit kann in diesem Fall offensichtlich nur vom kurzwelligem UV-Licht, nicht aber von sichtbarem Licht aufgebracht werden - und zwar unabhängig davon, wie groß die *Intensität* des sichtbaren Lichts ist.

Das bedeutet:

Die Energieübertragung des Lichts auf die Elektronen muss sich bei UV-Licht von sichtbarem Licht unterscheiden.

Widerspruch zur Wellentheorie

Dass sichtbares Licht auch bei sehr hoher Intensität nicht in der Lage ist, die notwendige Energie auf die Elektronen zu übertragen, widerspricht der Wellentheorie, denn bei größerer Lichtintensität sollte auch mehr Energie auf die Elektronen übertragen werden.

Deutung nach Einstein: Bei der Ausbreitung von Licht ist die Energie nicht kontinuierlich über den Raum verteilt, sondern in einer endlichen Zahl von Energiequanten lokalisiert. Licht ist ein Strom von Energiepaketen (Photonen), die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, unteilbar sind und nur als Ganzes erzeugt oder absorbiert werden können.

Aufgabe zum Widerspruch der Beobachtung zur klassischen Wellentheorie des Lichtes:

<https://www.leifiphysik.de/quantenphysik/quantenobjekt-photon/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/quantenobjekt-photon/lb/widerspruch-des-photoeffektes-zum-wellenmodell-des-lichts-0?v=1>

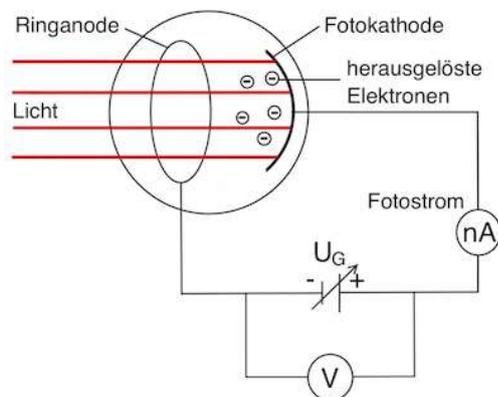
Die Gegenfeldmethode

Bestimmung der Energie der schnellsten Fotoelektronen

Die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen lässt sich mit der sogenannten **Gegenfeldmethode** bestimmen.

Die Gegenfeldmethode

Bei dieser Methode misst man den Fotostrom, der entsteht, wenn die Fotozelle mit Licht bestrahlt wird. Dann legt man von außen eine *Gegenspannung* zwischen Anode und Kathode an (Anodenring an den Minuspol, Fotokathode an den Pluspol), die die Elektronen abbremst:



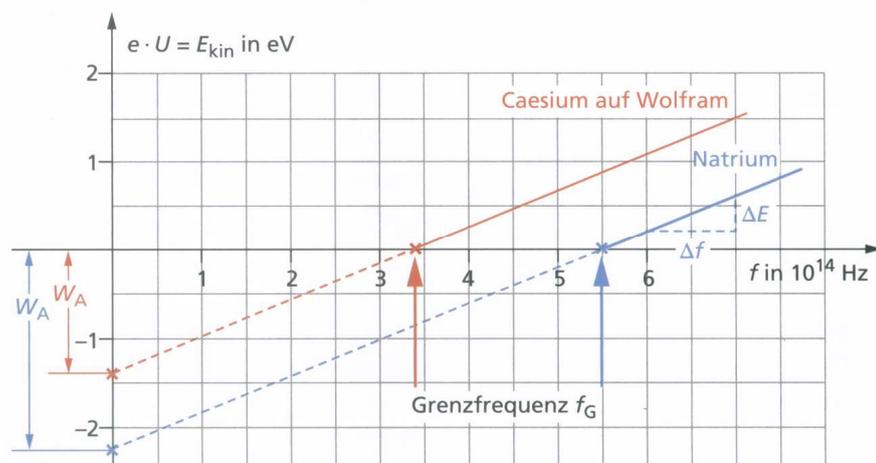
Bei zunehmender **Gegenspannung** U_G gelangen immer weniger Elektronen zur Ringanode; der Fotostrom sinkt.

Wird die Gegenspannung nun so weit erhöht, dass auch die schnellsten Fotoelektronen nicht mehr zur Anode gelangen, sinkt der Fotostrom auf Null.

Für diesen Fall gilt für die Energie der schnellsten Fotoelektronen:

$$E_{kin,max} = U_G \cdot e$$

Bestimmt man auf diese Weise für verschiedene (bekannte) Wellenlängen die jeweilige Gegenspannung, bei der der Fotostrom gerade auf Null absinkt, lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Wellenlänge bzw. der Frequenz des eingestrahlt Lichts und der Energie der schnellsten Fotoelektronen ermitteln.



Es fällt auf:

- Die Energie der schnellsten Fotoelektronen steigt linear mit der Frequenz des eingestrahlten Lichts.
- Trägt man für verschiedene Materialien $E_{kin,max}$ gegen f auf, so stellt man fest, dass die Steigung aller Geraden gleich ist und unabhängig vom Material. Man bezeichnet diese für alle Metalle gleiche Steigung mit h
- Der Term hf hängt nur vom Licht, nicht vom verwendeten Material ab. (Einstein deutete ihn 1905 als Energieportion, die Licht der Frequenz f an jeweils ein Elektron im Metall abgibt. Er nannte diese Energieportion $W_L = h \cdot f$ Lichtquant. Sie ist zu Frequenz f des Lichtes proportional).

Ergebnisse

Licht der Frequenz f überträgt seine Energie in Portionen der Größe

$$E = h \cdot f$$

Das Plancksche Wirkungsquantum (Plancksche Konstante) h ist eine fundamentale Naturkonstante und beträgt $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$. Sie ist das Markenzeichen der Quantenphysik und tritt in der klassischen Physik nicht auf.

Für die Energiebilanz beim äußeren Fotoeffekt gilt:

$$h \cdot f = W_A + E_{kin}$$

E : Energie eines Lichtquants

W_A : Austrittsarbeit

E_{kin} : kinetische Energie der ausgelösten Elektronen