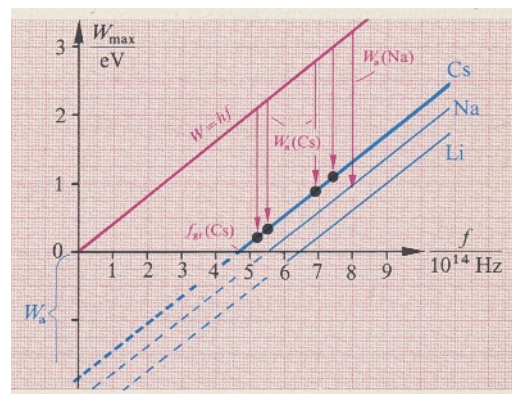


# Die Deutung des Photoeffekts durch Albert Einstein

Auswertungen von Versuchen zum Photoeffekt mit verschiedenen Materialien in einer Photozelle ergaben graphisch dargestellt diesen Zusammenhang zwischen der Frequenz  $f$  des eingestrahlichten Lichtes und der kinetischen Energie  $W$  der schnellsten ausgelösten Elektronen:



Blau dargestellt sind die Kurven für die Materialien Cäsium (Cs), Natrium (Na) und Lithium (Li). Die rote Kurve zeigt den Verlauf, wenn es keine Ablösearbeit gäbe. Die blauen Kurven (Geraden) sind physikalisch nur gültig oberhalb der Rechtsachse, die die Frequenz  $f$  angibt. Die Geraden sind aber gestrichelt verlängert worden, um den Achsenabschnitt auf der Hochachse zu zeigen, der der Ablösearbeit  $W_A$  (Hier mit kleinem a geschrieben) entspricht.

ALBERT EINSTEIN konnte den Photoeffekt mit einer 1905 veröffentlichten Arbeit erklären und erhielt 1921 den Nobelpreis für Physik „for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect.“ Die entscheidende Idee, die völlig konträr zu der damals anerkannten Physik stand, war die Annahme, dass die Energie des Licht nicht gleichmäßig verteilt, sondern „klumpenförmig“ vorliegt bzw. „körnige“ Struktur zeigt. Zwar hatte schon MAX PLANCK 1900 bei der Beschreibung des Lichtes von glühenden Körpern die rechnerische Annahme von „Energieportionen“ gemacht. Bei ihm war das aber nur ein Rechenrick, damit die Formeln irgendwie passten. Die Energieportionen des Lichtes werden auch **Lichtquanten** oder **Photonen** genannt. Später stellte man fest, dass im gesamten atomaren Bereich Energie in Portionen, d.h. als Quanten übertragen wird. Daraus entstand die bisher erfolgreichste physikalische Theorie, die **Quantentheorie**. Seit deutlich über 100 Jahren ist noch kein Experiment gefunden worden, dass den Grundannahmen der Quantentheorie widersprechen würde.



## Konkret zur Deutung des Photoeffekts:

1. Die Energie des Lichtes einer bestimmten Farbe bzw. Wellenlänge  $\lambda$  bzw. Frequenz  $f$  liegt in Portionen der Größe  $W_{\text{Quant}} = h \cdot f$  vor, wobei

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$$

die **Planck'sche Konstante** oder das **Planck'sche Wirkungsquantum** genannt wird.

2. Energie kann nur in ganzen Portionen  $hf$  bzw. Quanten übertragen werden. Ein Quant kann sich nicht teilen. Würde sich ein Quant  $hf$  teilen bzw. nur einen Teil seiner Energie abgeben, müsste ein Restquant  $hf_2$  mit  $f_2 < f$  entstehen. Dann müsste z.B. beim Photoeffekt Licht mit einer kleineren Frequenz  $f_2$  zu beobachten sein. Das ist noch nie passiert.
3. Quanten des sichtbaren roten Lichtes haben eine geringere Frequenz und haben deshalb relativ kleine Quanten  $hf$ . Blaues Licht mit höherer Frequenz  $f$  und besonders UV-Lichts besitzen viel größere Energieportionen bzw. Quanten. Das bemerkt man bei klarem Himmel und Sonnenschein. Die großen Quanten des UV-Lichts können sehr schnell Zellen der Haut schädigen und Sonnenbrand erzeugen. Sichtbares Licht kann den Hautzellen nicht viel anhaben. Auch bei stundenlangem Aufenthalt hinter einer Autoglasscheibe (lässt kein UV-Licht durch) wird sich kein Bräunungseffekt einstellen, ein Sonnenbrand sowieso nicht.
4. Trifft ein Lichtquant oder Photon mit der Energie  $hf$  auf ein Elektron in einer Metallschicht einer Photozelle, dann kann es seine Energie nur gar nicht oder komplett abgeben. Erhält ein Elektron die komplette Energie eines Photons, dann ist seine kinetische Energie vorerst innerhalb des Metalls  $W = hf$ . Um aus dem Metall heraus zu kommen, muss das Elektron einen Teil dieser Energie abgeben. Seine Energie  $hf$  wird also um einen bestimmten Betrag, die Ablösearbeit  $W_A$ , erniedrigt. Hat das Elektron schließlich das Metall verlassen, dann bleibt als maximale kinetische Energie die Differenz  $hf - W_A$  übrig.
5. Damit das Elektron überhaupt aus dem Metall heraus kommen kann, muss das Lichtquant mindestens die Ablösearbeit liefern. Der Term  $hf - W_A$  muss positiv sein. Im Grenzfall gilt:  $hf - W_A = 0$ . Daraus lässt sich die Frequenz bestimmen, die das Licht mindestens haben muss, um überhaupt ein Elektron auslösen zu können.
6. Die Intensität des Lichts ist ein Maß für die gesamte eingestrahelte Energie in einer bestimmten Zeit bzw. für die Leistung.

Kann Licht einer bestimmten Frequenz den Photoeffekt nicht auslösen, dann bringt die Erhöhung der Intensität gar nichts.

Kann aber Licht einer bestimmten Frequenz den Photoeffekt auslösen, dann bringt die Erhöhung der Intensität eine größere Energiemenge ins Spiel, d.h. die Anzahl der Quanten erhöht sich. Damit können auch mehr Elektronen ausgelöst werden und damit steigt der Photostrom.