

## EINSTEIN'S Theorie des Lichts

### Das Licht im Photonenbild

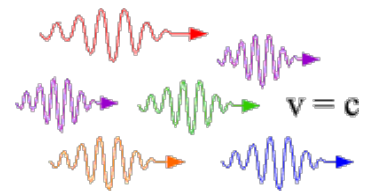
Nach Albert EINSTEIN gilt:

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.

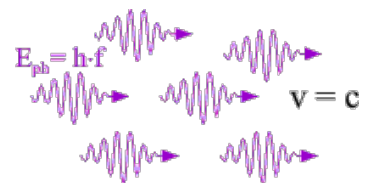
Für die Energie eines Photons gilt

$$E_{\text{Ph}} = h \cdot f \quad (1)$$

Monochromatisches (einfarbiges) Licht besteht aus Lichtquanten einheitlicher Energie.

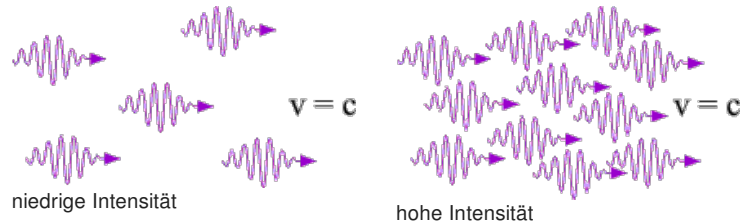


Bei gleicher Frequenz bedeutet intensiveres Licht das Auftreten von mehr Lichtquanten pro Zeiteinheit, aber nicht das Auftreten von energiereicheren Photonen.



### Hinweise

- Die bildliche Darstellung der Photonen ist etwas problematisch. Stellt man sie als kleine Kügelchen dar, könnte man schnell Assoziation mit NEWTON'schen Korpuskeln hervorrufen. Hier wurde ein Wellenpaket als Darstellung gewählt, um daran zu erinnern, dass die Photonenenergie aus der Frequenz des Lichtes berechnet werden kann.
- Die Photonen wurden hier farbig dargestellt um monochromatisches Licht (Licht einer Frequenz) von nicht monochromatischem Licht unterscheiden zu können.



### Deutung des Photoeffekts

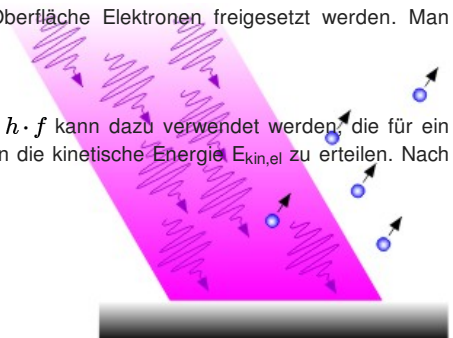
Trifft geeignete elektromagnetische Strahlung auf einen Festkörper, so können aus dessen Oberfläche Elektronen freigesetzt werden. Man bezeichnet diese Erscheinung als **äußeren Photoeffekt** (oder auch als äußeren lichtelektrischer Effekt).

Im Photonenbild deutet man den Photoeffekt folgendermaßen: Die Energie eines Photons  $E_{\text{ph}} = h \cdot f$  kann dazu verwendet werden, die für ein Elektron des Festkörpers notwendige Ablösearbeit  $W_A$  zu verrichten und dem ausgelösten Elektron die kinetische Energie  $E_{\text{kin,el}}$  zu erteilen. Nach dem Energiesatz gilt dann

$$E_{\text{ph}} = W_A + E_{\text{kin,el}}$$

oder

$$h \cdot f = W_A + E_{\text{kin,el}} \quad (2)$$



### Hinweise

- Als inneren Photoeffekt bezeichnet man die Erscheinung, dass im Inneren von Körpern, in die elektromagnetische Strahlung eindringen kann, von Atomen Elektronen abgelöst werden und so die elektrische Leitfähigkeit des Körpers zunimmt.
- $E_{\text{kin,el}}$  ist die maximal mögliche, beim Photoeffekt auftretende kinetische Energie der Elektronen.

### Impuls des Photons

Mit Hilfe der Beziehung  $p = \frac{E}{c}$  aus der Relativitätstheorie sowie den bekannten Beziehungen  $E_{\text{Ph}} = h \cdot f$  und  $\lambda = \frac{c}{f} \Leftrightarrow \frac{f}{c} = \frac{1}{\lambda}$  erhält man für den Photonenimpuls

$$p_{\text{Ph}} = \frac{E_{\text{Ph}}}{c} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

### Hinweise

- Wenn du an der Herleitung der Formel für den Photonenimpuls interessiert bist, so kannst du diese hier einblenden lassen.

Herleitung einblenden

- Weitere Experimente und Effekte (z.B. Comptoneffekt) zum Photonenimpuls findest du in der Linkliste.

### Masse des Photons

Mit Hilfe der Beziehung  $E = m \cdot c^2$  aus der Relativitätstheorie sowie der bekannten Beziehung  $E_{\text{Ph}} = h \cdot f$  erhält man für die Masse des Photons:

$$E = m \cdot c^2 \Leftrightarrow m = \frac{E}{c^2} \Leftrightarrow m_{\text{Ph}} = \frac{h \cdot f}{c^2}$$

### Hinweise

- Wie du schon bei der Herleitung des Photonenimpulses erfahren hast, besitzen die Photonen keine Ruhemasse.
- Weitere Experimenten zur Bestätigung der Masse von Photonen findest du in der Linkliste.

### Energie-Impuls-Beziehung beim Photon

Wie schon bei der Herleitung der Impulsformel für das Photon verwendet wurde (siehe oben), gilt folgender Zusammenhang zwischen Energie und Impuls beim Photon:

$$E_{\text{Ph}} = c \cdot p_{\text{Ph}}$$