

# 6.1 Welle-Teilchen-Dualismus

## PHOTONEN ALS TEILCHEN

- Der äußere Fotoeffekt zeigt, dass die Energie einer elektromagnetischen Welle quantisiert ist. Die Energie der Lichtquanten (Photonen) hängt von der Frequenz ab, nicht von der Intensität:  $W_{ph} = h \cdot f$   
PLANCK'sche Konstante  $h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} = 6,626\,176 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
- Der COMPTON-Effekt zeigt, den relativistischen Impuls der Photonen:  
 $p_{ph} = m_{ph} \cdot c = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda} = \frac{W_{ph}}{c}$  aus  $m_{ph} = m_e$  folgt  $\lambda_c = \frac{h}{m_e \cdot c} = 2,4263 \text{ pm}$

## PHOTONEN ALS WELLE

- Einzelne Photonen zeigen ebenso wie elektromagnetische Wellen eine lineare Polarisation.
- Elektromagnetische Wellen zeigen ein kontinuierliches Interferenzbild. Einzelne Photonen zeigen beim Auftreffen eine Häufigkeitsverteilung, die diesem entspricht.
- Delayed choice Experimente an einzelnen Photonen zeigen, dass Interferenzmuster in der Häufigkeitsverteilung verschwinden, wenn dem Photon der zweite Pfad versperrt wird. Dabei ist es unerheblich, wann der Pfad blockiert wird. Das Photon scheint immer zu wissen, wie es sich verhalten muss (spukhafte Fernwirkung).

## HEISENBERG'SCHE UNBESTIMMTHEITSRELATION

Die Größen Ort und Impuls, sowie Energie und Zeit können nicht gleichzeitig exakt gemessen werden:  $\overline{\Delta x} \cdot \overline{\Delta p_x} \geq \frac{h}{4\pi}$  und  $\overline{\Delta t} \cdot \overline{\Delta W} \geq \frac{h}{4\pi}$

## DE-BROGLIE MATERIEWELLEN

Die Elektronenbeugung an einem Graphitgitter und das Doppelspalt Experiment von JÖNSSON zeigen, die Wellennatur von Teilchen:

- Wellenlänge:  $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v_m}$
- Phasengeschwindigkeit:  $v_{ph} = \frac{c^2}{v_m}$
- Energie:  $W = h \cdot f = mc^2$