*Quanten (TK 10)*

* Was ist Licht?

🡪 Licht ist eine **elektromagnetische Welle** (Lichtwelle)

🡪 Licht besitzt sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften

🡪 Licht besteht aus **Photonen**:

- Photonen besitzen keine Masse. Für sie vergeht keine Zeit. Sie haben eine unendliche Lebensdauer.

-Alle **Quanten** kann man nach ihrem Spin in zwei Gruppen einteilen: **Fermionen** (, die einen halbzahligen Spin haben, z.B.: ), und **Bosonen** (, die einen ganzzahligen Spin haben).
- Photonen sind Bosonen. Deshalb gilt für sie das Pauli-Verbot nicht. Anders als Fermionen (-für die das Pauli-Verbot sehr wohl gilt-) können sich mehrere Bosonen gleichzeitig an einem Ort befinden. (Daher kann man Lichtstrahlen beliebig hell machen.)

- Vakuumlichtgeschwindigkeit c

* Entstehung von Spektren

Wird einem in der Hülle durch Stöße zwischen den Atomen oder durch Absorption eines Photons Energie zugeführt, so verändert sich die Orbitalform (in ca. ), da das energiereicher geworden ist. Angeregte Photonen gehen innerhalb derselben Zeit wieder in einen tieferen Energiezustand zurück. Dabei werden Photonen ausgesandt, die die Differenzenergie besitzen. Die ausgesandten Photonen lassen Rückschlüsse auf die spezielle Atomhülle und damit auf das betreffende Element zu (Emissionsspektrum).

Die Farbe des Lichts hängt von der Frequenz der Elektronen ab.

Je niedriger die Frequenz, und damit auch die Energie, ist, desto größer ist die Wellenlänge (roter Bereich).

(Hohe Frequenz, viel Energie, kleine Wellenlänge, blauer Bereich)

* Photoelektrischer Effekt

🡪 1921 bekam A. **Einstein**den Physik-Nobelpreis für die Erklärung des photoelektrischen Effekts.

🡪 Er lieferte eine **Teilchentheorie des Lichtes**.

🡪 **äußerer Photoelektrischer Effekt**:

-Beim **Bestrahlen einer Metallplatte** (z.B. Zink) **mit UV-Licht** werden **aus dem Metall herausgerissen.**

- Die Frequenz, und damit die Energie, normalen (sichtbaren) Lichtes reicht dafür nicht aus.

- Photonenenergie ist proportional zur Frequenz (mittels Quantenhypothese):

Die Intensität der Bestrahlung ist belanglos, wichtig ist nur f.

- Bewegungsenergie der austretenden nimmt mit der steigender Frequenz ( Energie) zu:

 ….Austrittsarbeit des (materialabhängig)

- Der Photoeffekt tritt nur bei einer für das Metall charakteristischen Mindestfrequenz auf. (Bei Alkalimetallen tritt der Photoeffekt bereits bei sichtbarem Licht ein.)

- Glas filtert den ultravioletten Anteil des Lichts; (kein Sonnenbrand hinter normalem Glas)

🡪 **innerer Photoeffekt**:

- in einem Halbleiter werden freigesetzt, wenn sichtbares Licht darauf fällt

- verlassen den Halbleiter nicht ganz

- sichtbares Licht reicht aus

- wird in digitalen Kameras benützt

* Doppelspaltversuch



- In T. Youngs Doppelspaltexperiment wird Licht vom ersten, in der Abbildung linken Schirm durch die Öffnungen des Mittleren geschickt und am dritten Schirm beobachtet.

- nur ein Spalt offen: einheitliches Helligkeitsbild (erwartetes Muster)

- zwei Spalte offen: Interferenzmuster

- Interferenzphänomen = Phänomen jedes einzelnen Teilchens 🡪 Welleneigenschaften des Lichts (würden sich Photonen nur wie Teilchen verhalten, gäbe es kein Interferenzmuster)

- Quelle muss kleiner sein, als Abstand zwischen 2 Interferenzstreifen, sonst: verschwommenes Interferenzmuster, weil Überlagerung mehrerer Interferenzmuster

- Der Aufprallort eines Photons am Beobachtungsschirm ist zufällig und folgt nur Wahrscheinlichkeiten

- Orts- und Impulsunschärfe

- Messung beeinflusst das Ergebnis

* Lichtteilchen und Lichtwelle

🡪 Dass das sofortige Herauslösen von Elektronen aus Metall beim äußeren **photoelektrischen Effekt** nur von der **Frequenz abhängt**, führt A. Einstein darauf zurück, dass die **einzelnen Lichtquanten die Elektronen** einfach direkt **aus dem Metall** **herausstoßen** können. Nach dem Wellenmodell hingegen, würde dieses Herauslösen frühestens nach einiger Zeit gelingen und es käme dann auf die Intensität des Lichts an, das heißt auf die Watt die die Lichtquelle abstrahlt.

🡪 Jedoch bewies **T. Young** mit dem **Doppelspaltexperiment**, dass Licht auch **Welleneigenschaften** aufweist. Die **Wellenlänge des Lichtes** ist sehr viel **klein**er als die des Schalls und daher im Alltag nicht so offensichtlich. Das **färbige Schillern einer CD** im weißen Licht ist eines der wenigen Beispiele, bei denen sich die Wellennatur des Lichtes bemerkbar macht. Der Spurabstand der Pits liegt in der Größenordnung der Lichtwellenlänge. Das einfallende Licht wird gebeugt.

🡪 Da Licht wider Erwarten der klassischen Physik nicht entweder eine Welle oder ein Teilchen ist, schlug N. Bohr vor, dass im Experiment zum Verständnis entweder nur die Wellen- oder nur die Teilchentheorie angewendet werden muss, aber nicht beide gleichzeitig (Komplementaritätsprinzip). Man muss sich aber immer beider Eigenschaften bewusst sein.

* Materiewellen (de Broglie'sche Wellenlänge)

Die Wellenlänge des Lichts ist .

Luis de Broglie vermutete, dass materielle Teilchen/massebehaftete Teilchen, wie z.B. Elektronen, auch Wellennatur besitzen.

Für Licht gilt: 1.); 2.) ; 🡪

3.)

Für materielle Teilchen gilt:

**🡪**  **🡪 De-Broglie-Wellenlänge**

**Allen Elementarteilchen ist eine Welle zugeordnet. Diese ist aber für makroskopische Objekte unmessbar klein.** Sie liegt in der Größenordnung des Wirkungsquantums . (Der experimentelle Nachweis der Wellennatur von Elektronen gelang 1927 Clinton Davisson und Lester Germer, durch Elektronenbeugung an einem Nickelkristall.)

* Heisenberg'sche Unschärferelation

🡪 Die Unschärferelation gilt für alle Paare von Größen, deren Produkt die Dimension einer Wirkung hat:

**Wirkung = Ort\*Impuls= Energie\*Zeit**

Ort und Impuls / Energie und Zeit von Quantenobjekten können nicht gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit bestimmt werden.

Das liegt nicht - an menschlichen Messfehlern oder

 - an ungenügend genauen Messgeräten,

 - sondern an der Natur selbst .

🡪 Energie kann für die Zeit um den Betrag unscharf sein.

 - Für kurze Zeit sind hohe Energien möglich.

 -Virtuelle Teilchen-Antiteilchen-Paare können sich für ganz kurze Zeiten im Vakuum bilden.