

Phänomenologischer Zugang zur Quantenphysik

Prof. Dr. Heiko Krabbe, Dr. Marco Seiter & Viktoria Konieczny

MOTIVATION

- Forderung nach adäquater quantenphysikalischer Grundbildung in Schulen (z.B. MSB NRW, 2022)
- In Schule und Alltag existieren aktuell wenig Berührungspunkte mit quantenphysikalischen Phänomenen
- Bisherige Ansätze mit einer konzeptionellen Perspektive (z.B. Müller & Wiesner, 2000; Bitzenbauer, 2020) verwenden Simulationen und Experimente nur zur Bestätigung von Konzepten.
- Erfahrungslernen erfordert authentische, experimentelle Begegnung mit den Phänomenen.

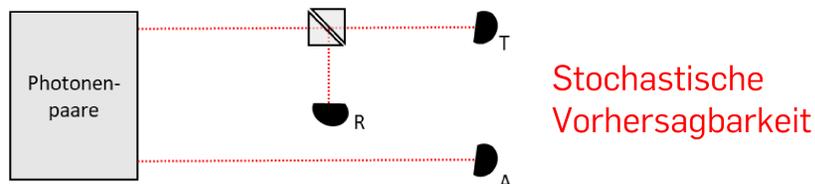
GRUNDIDEEN

Phänomenologischer Zugang zur Quantenphysik in dem die Eigenschaften von Licht anhand von Realexperimenten erfahrbar gemacht werden

- Erfahrungslernen vor Konzeptlernen
- Ableitung der **Wesenszüge** aus den Experimenten
- Welleneigenschaften von Licht als Ausgangspunkt
- Vorstellung von Licht als quantisierte Energieportionen (z.B. durch den Photoeffekt)
- Wie äußern sich die Welleneigenschaften bei einzelnen Photonen?

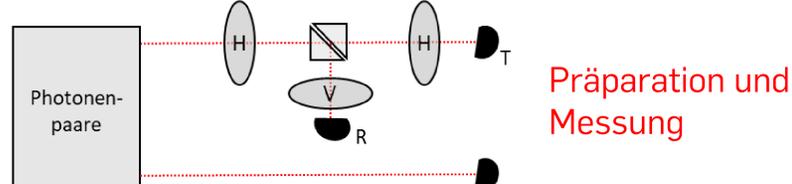
LEHRGANG

1. Reflektion und Transmission von Licht



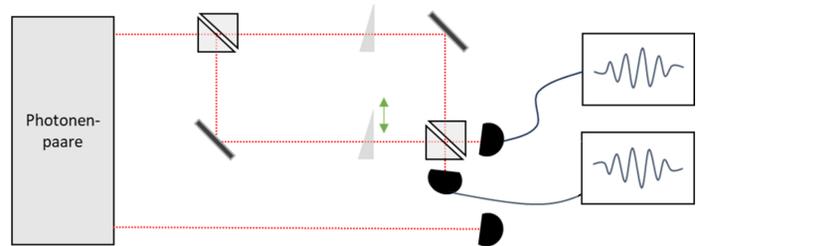
- Koinzidenzen zwischen T&A bzw. R&A hoch, aber kaum zwischen T&R ; fast keine zwischen T&R&A
- Photonen werden nicht zerteilt: **Teilchencharakter**

2. Polarisation von Licht



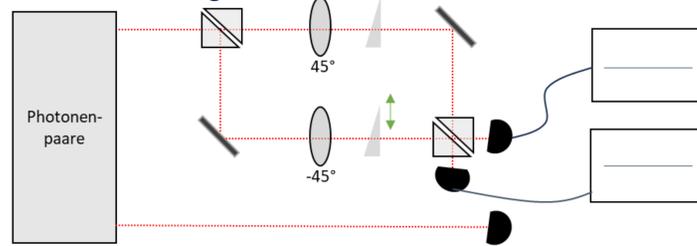
- Koinzidenzen zwischen T&A hoch; bei R&A gering
- Photonen verhalten sich so, als wären sie polarisiert: **Wellencharakter**

3. Interferenz von Licht



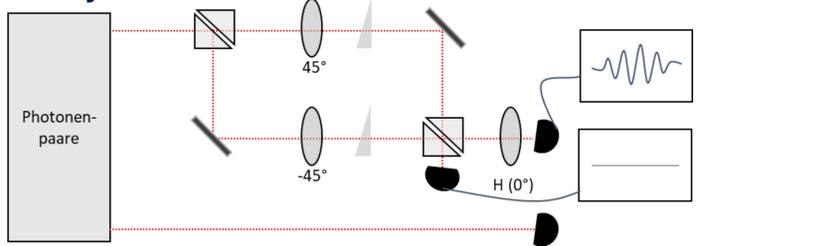
- In den Zählraten ist ein Interferenzmuster sichtbar
- **Interferenz** auch bei Einzelphotonen: **Wellencharakter**

4. Welcher-Weg-Information



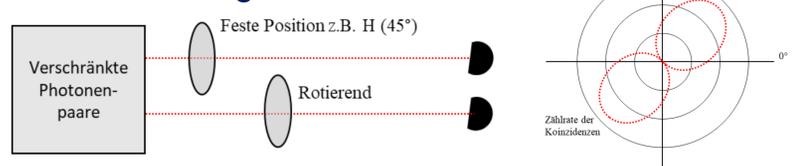
- Unterscheidbarkeit der Wege und Interferenz schließen sich aus: **Komplementarität**

5. Delayed-Choice



- Vor der Messung ist der Zustand (Weg) unbestimmt
- **Überlagerung (Superposition) von Zuständen**

6. Verschränkung



- Orientierung des oberen Polarisationsfilters beeinflusst Polarisationsmessung beider Photonen.
- verschränkte Photonen haben stets den gleichen Zustand: **Nichtlokalität**

REALISIERUNG

- Umsetzung der Experimente mit dem Quantenkoffer der Firma QuTools.
- Erzeugung von verschränkten Photonenpaaren mittels „Parametric Down Conversion“(PDC) an BBO-Kristallen
- Durchführung von weiteren Experimenten durch den flexiblen Aufbau mittels Steckbausteinen auf dem Koffer möglich



Abb. 1: Experiment zur Verschränkung am Quantenkoffer (QuTools)

LITERATUR

- Bitzenbauer, P. (2020). *Quantenoptik an Schulen. Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*. Logos Verlag Berlin.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2022). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Physik*. 1. Aufl. Düsseldorf.
- Müller, R. & Wiesner, H. (2000). Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. *Physik in der Schule* 38(2), 126–134.