

Alexander Schuster

Technische Universität Dresden

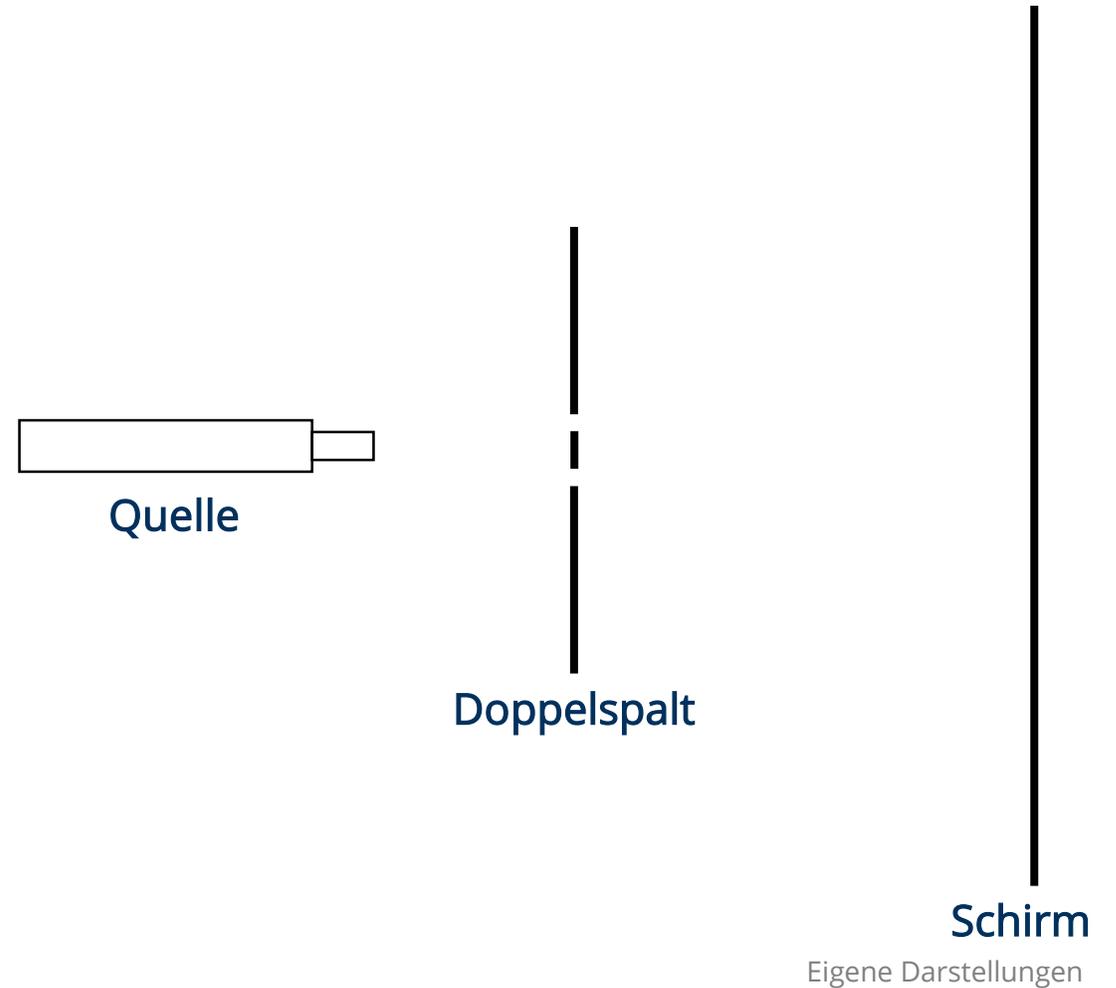
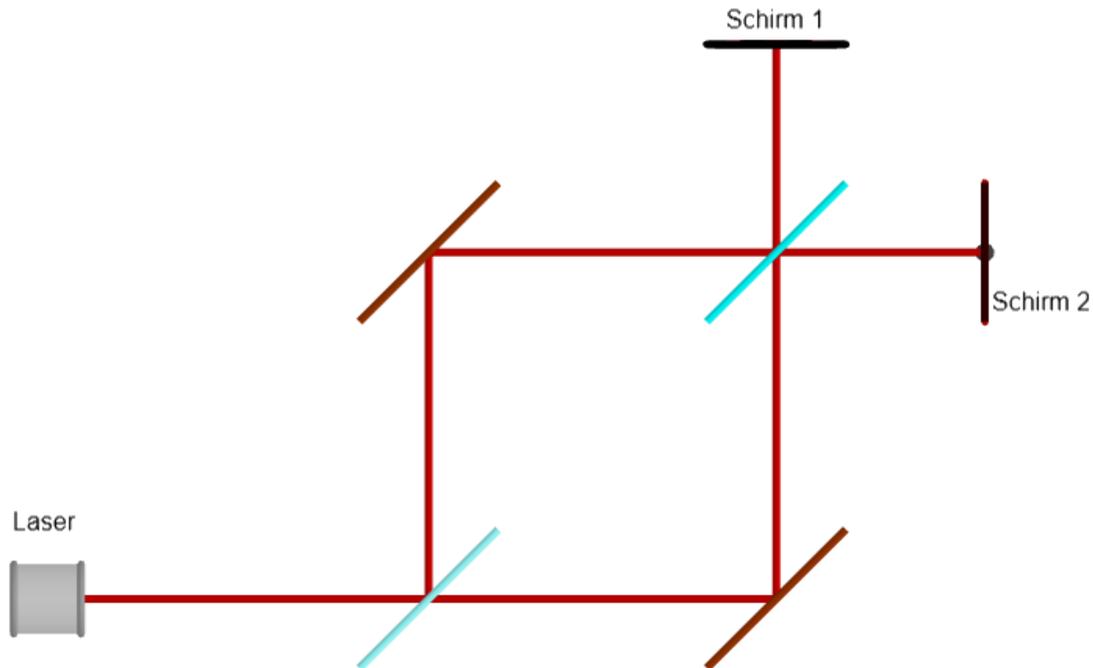
Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden

Quantenphysik

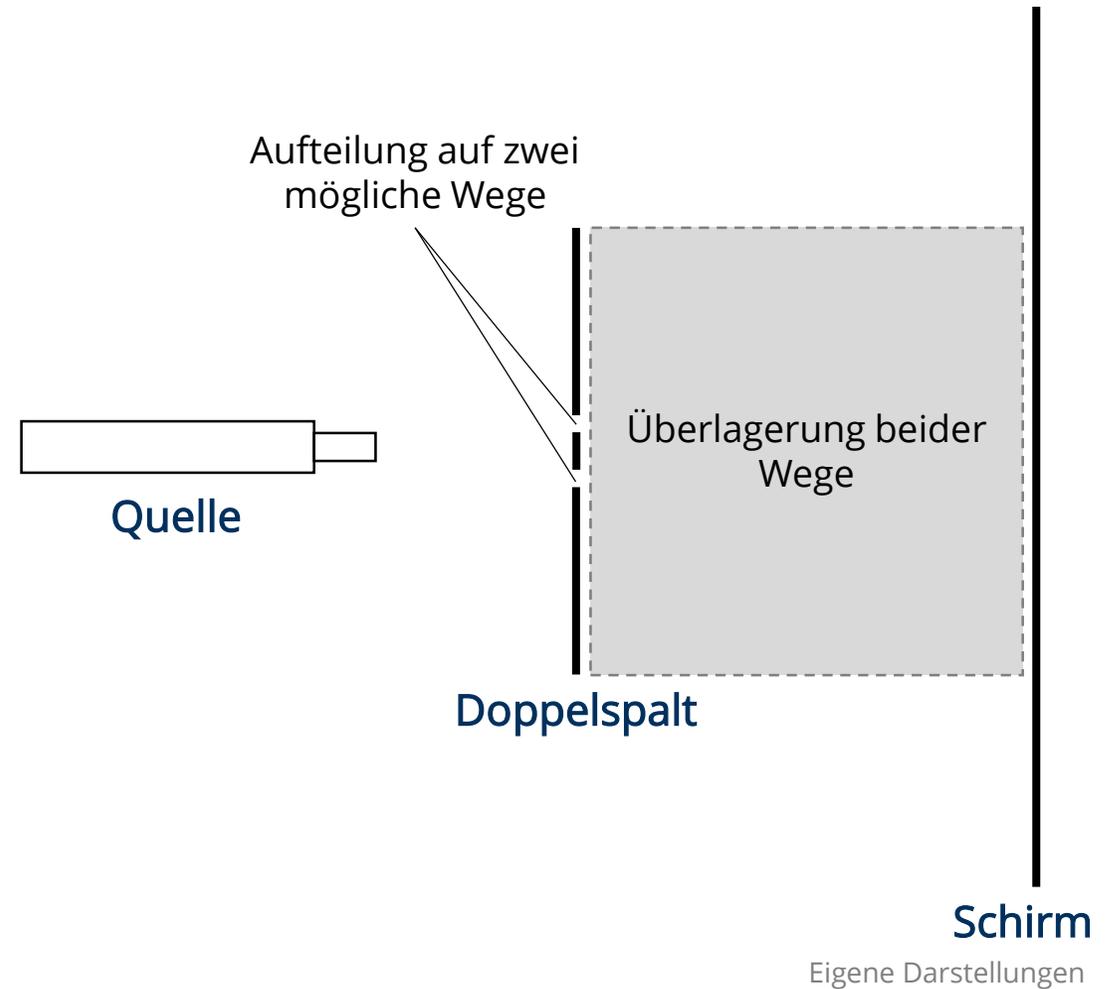
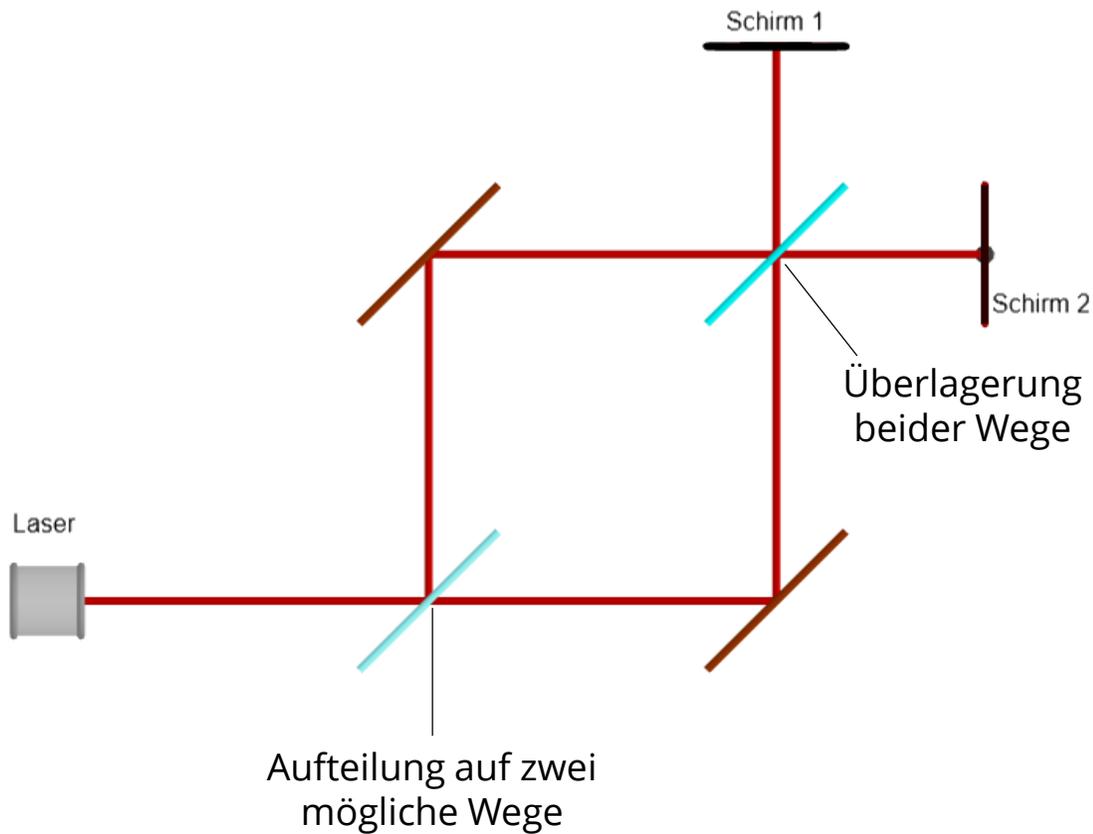
Doppelspaltexperiment und quantenphysikalisches Weltbild

Dresden, 2024

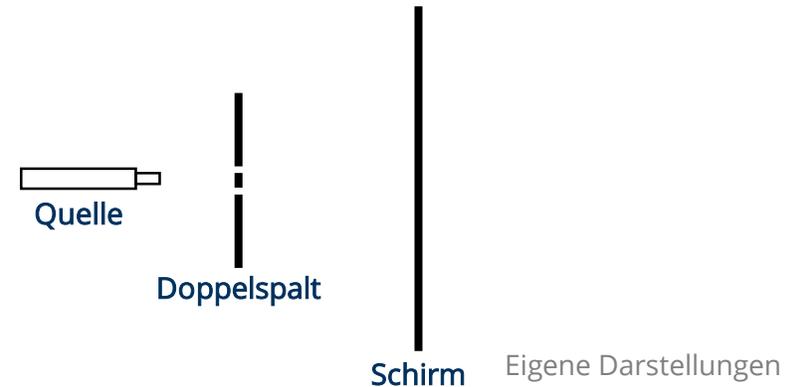
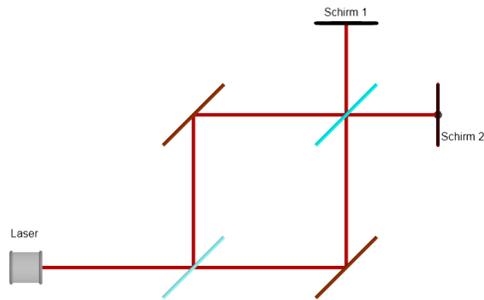
Interferometerexperimente → Doppelspaltexperiment



Interferometerexperimente → Doppelspaltexperiment



Interferometerexperimente → Doppelspaltexperiment



Interferometer	Doppelspaltexperiment
Aufteilung auf zwei räumlich voneinander getrennte Wege durch Strahlteiler	Aufteilung auf zwei voneinander getrennte Wege durch Doppelspalt
Zusammenführung der Wege durch zweiten Strahlteiler	Zusammenführung der Wege direkt nach Doppelspalt, da keine räumliche Trennung
→ Interferenz	→ Interferenz

→ Kenntnisse von Interferometer sind auf Doppelspalt übertragbar

Das Doppelspaltexperiment mit Laserlicht

Aufgabe:

Erinnert euch an eure Vorkenntnisse über Interferenz am Doppelspalt. Nutzt wenn nötig das bereitgestellte Infomaterial. Schreibt alles auf, was euch noch zu dem Experiment einfällt, tauscht euch denn mit einer anderen Person aus und bereitet euch vor, dass wir das Experiment kurz im Plenum besprechen.

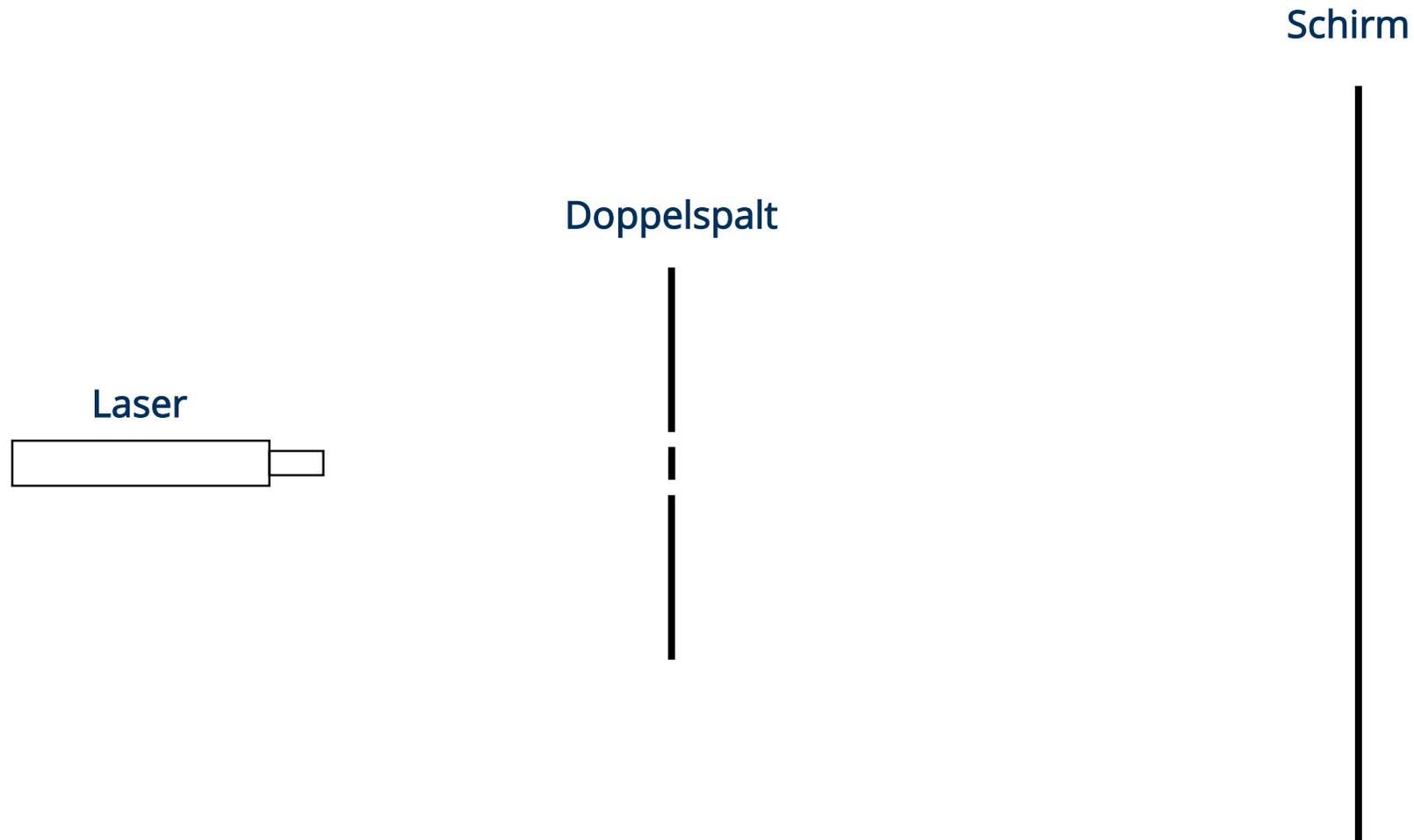
Think-Pair-Share



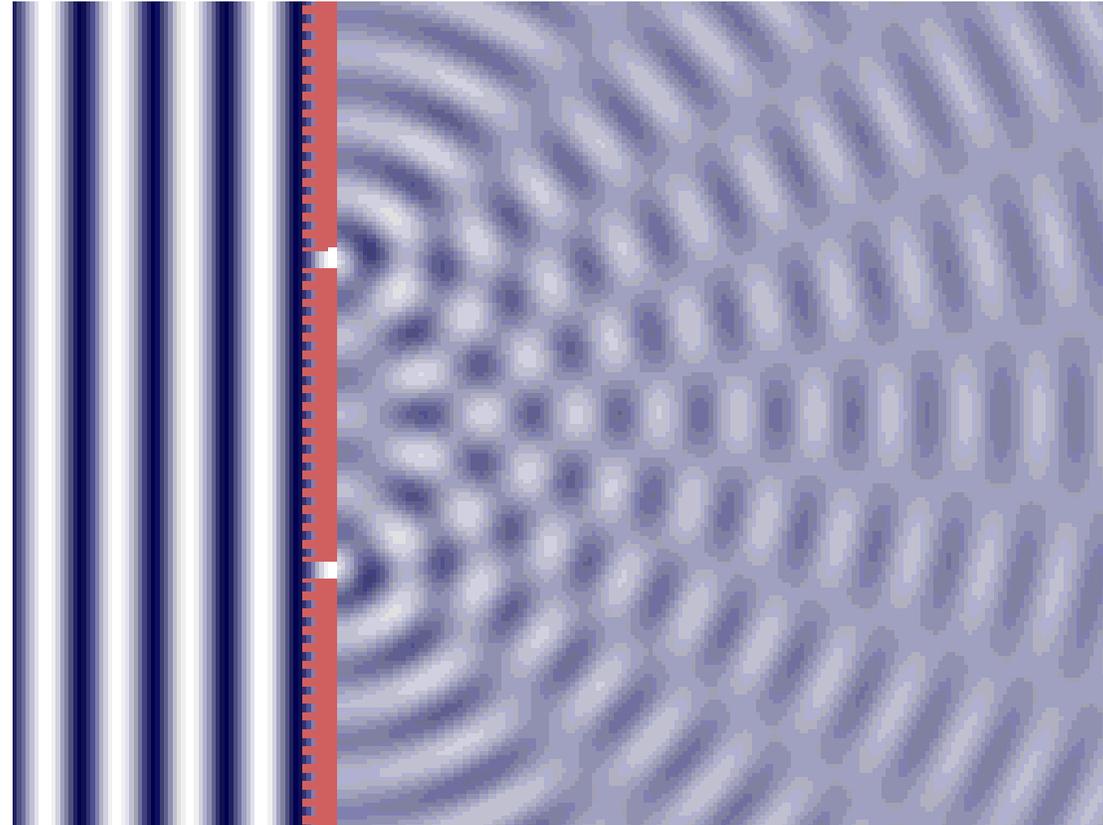
Zeit: 3 + 2 + 5 min



Das Doppelspaltexperiment mit Laserlicht



Das Doppelspaltexperiment mit Laserlicht



(Zawischa, o. D.)

Das Doppelspaltexperiment mit Quantenobjekten

- **Hypothese:**

Interferenz der Quantenobjekte im Laserlicht untereinander im Versuchsaufbau

- Daher **einzelne Quantenobjekte** verwenden

- Doppelspaltexperiment bei geringer Intensität

- Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen



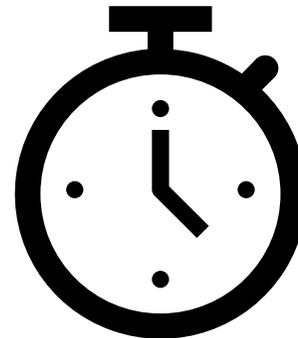
Doppelspaltexperiment mit einzelnen Quantenobjekten

Aufgabe:

Erarbeitet in Gruppenarbeit die wichtigsten Informationen zu dem euch zugeteilten Experiment. Stellt die Informationen übersichtlich dar (z.B. in einer Mindmap, etc.) und bereitet euch vor, diese den anderen vorzustellen.

2 Themen:

- Geringe Intensität
- Einzelphotonen



Zeit: 25 min

Doppelspaltexperiment mit einzelnen Quantenobjekten

Geringe Intensität

- Wer/Wann:** Geoffrey Ingram Taylor, 1908
- Idee:** Theorie von Thomson, dass Licht aus unteilbaren Energiepaketen besteht verifizieren
- Versuchsaufbau:** Licht einer Gasflamme durch geschwärzte Platten abschwächen und an Nadelspitze beugen, Langzeitbelichtung des Schirms
- im Mittel weniger als ein Photon gleichzeitig im Versuchsaufbau
- Ergebnis:** Allmählicher Aufbau eines „körnigen“ Interferenzmusters, Licht besteht aus einzelnen unteilbaren Photonen

Doppelspaltexperiment mit einzelnen Quantenobjekten

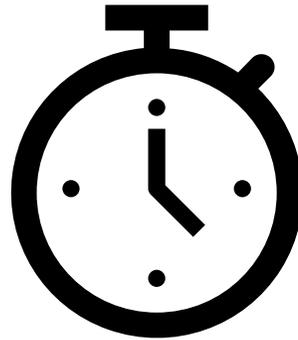
Einzelphotonen

- Wer/Wann:** Grangier, Roger und Aspect, 1986
- Idee:** Einzelphotonen nutzen, um Wechselwirkung der Photonen untereinander auszuschließen
- Unteilbarkeit von Photonen nachweisen
- Versuchsaufbau:** Nutzung eines Mach-Zehnder-Interferometer
- Erkenntnisse auf Doppelspalt übertragbar
- Ergebnis:** Nachweis der Unteilbarkeit von Photonen durch Koinzidenzschaltung
- Aufbau eines körnigen Interferenzmusters auf Schirm

Licht geringer Intensität = Einzelphotonen?

Aufgabe:

Lest den Text und argumentiert, inwiefern es legitim ist, bei einem Versuch mit Licht geringer Intensität auf Eigenschaften einzelner Quantenobjekten zu schließen.



Zeit: 10 min

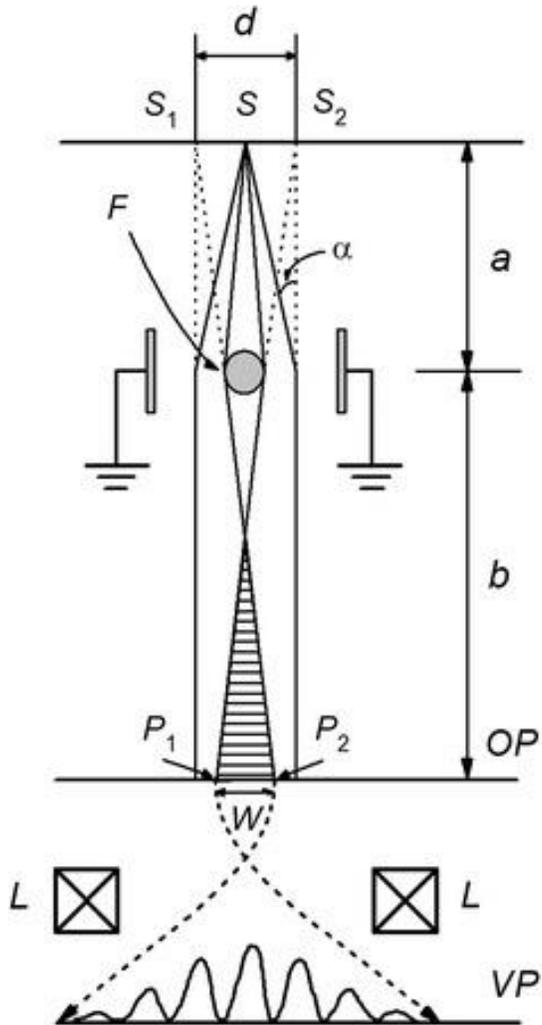
Licht geringer Intensität = Einzelphotonen?

- Auftreten von Bunching
- Einzelnes Photon reicht nicht für das Schwärzen eines Filmkorns

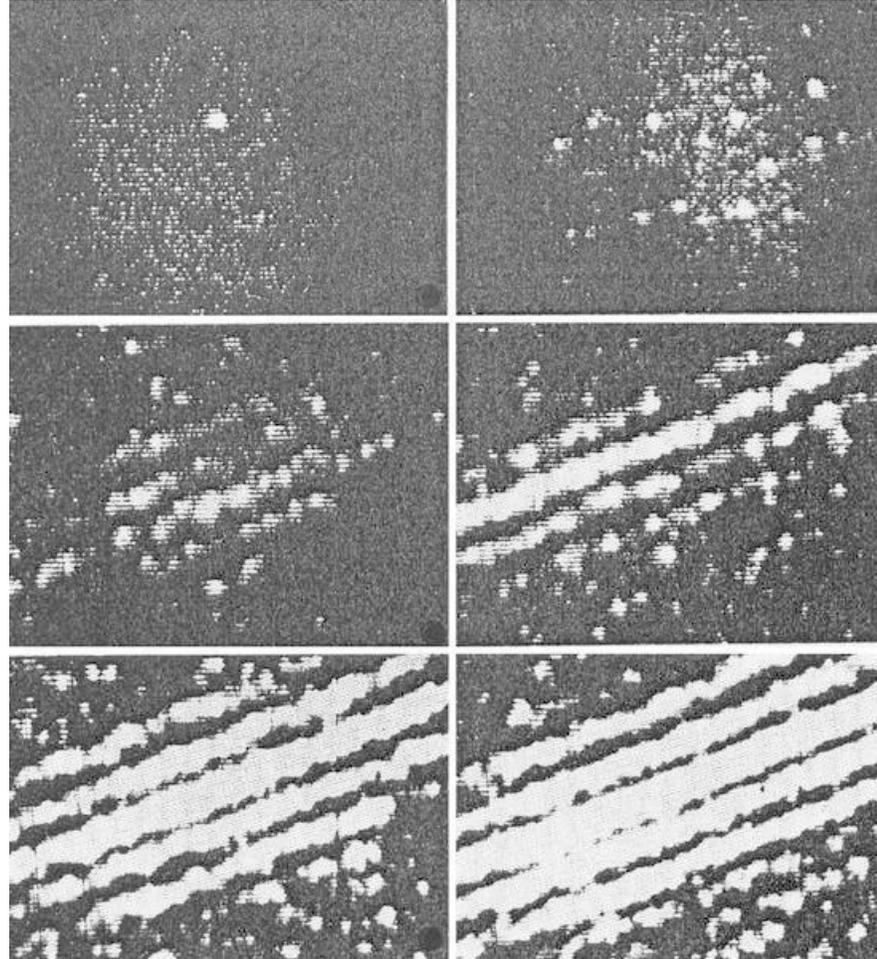
Aber:

Historisch gesehen eine erste Annäherung an Experimente mit Einzelphotonen

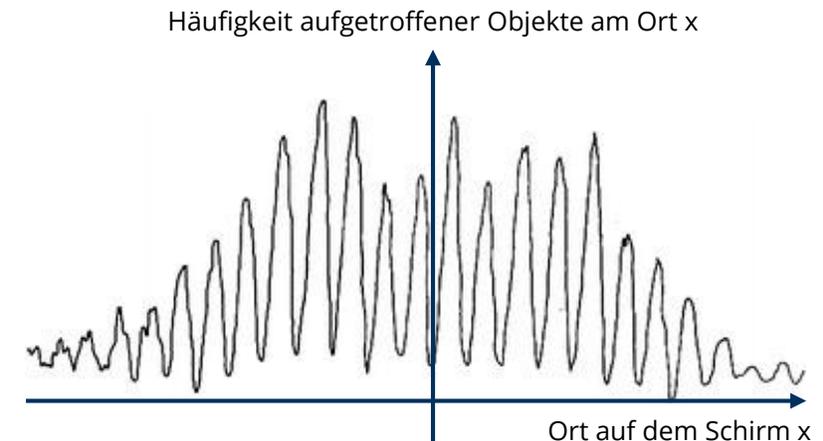
Interferenz mit Elektronen



Rosa (2012)



Rosa (2012)



Rosa (2012)

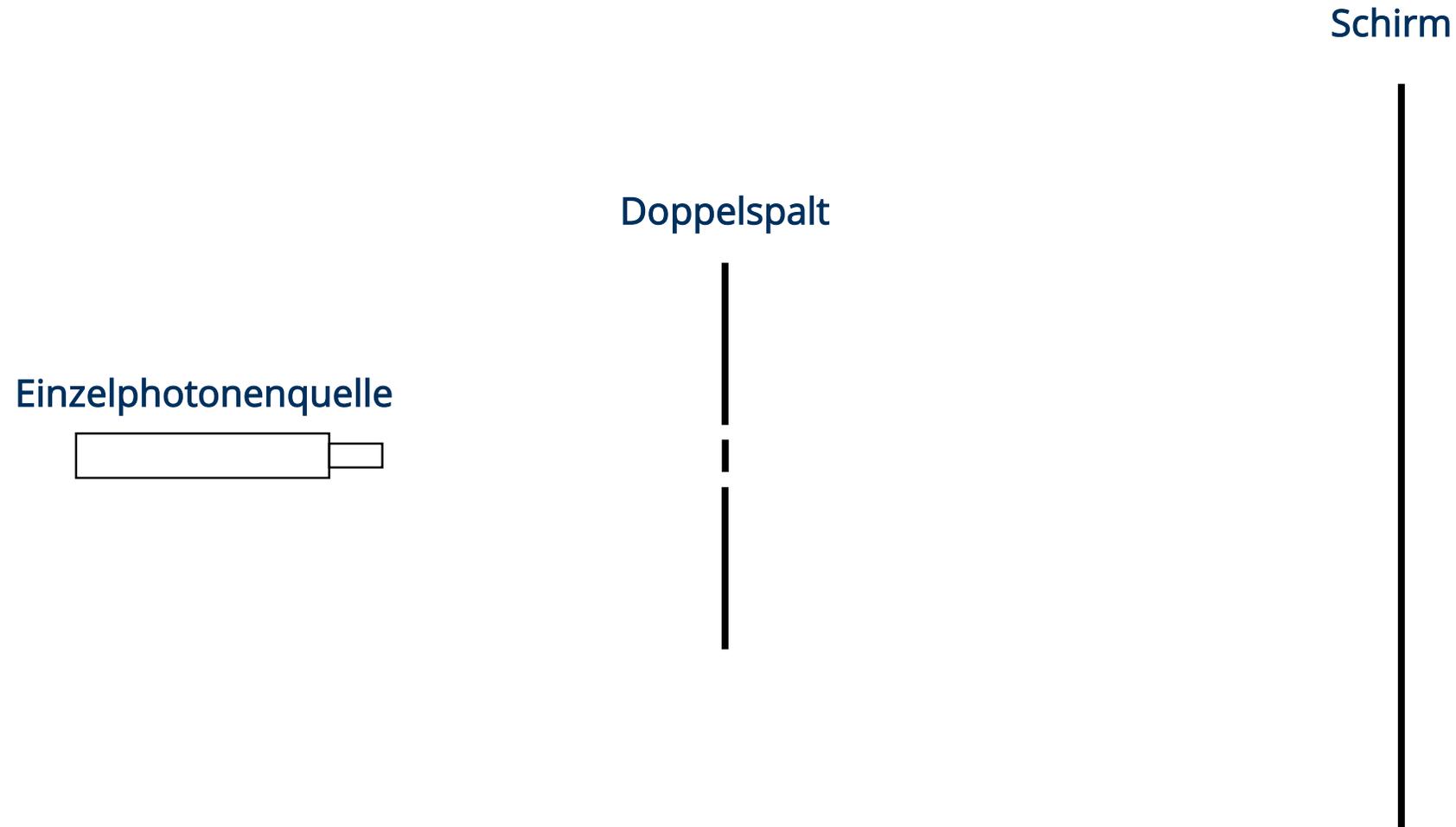
Wesenszüge der Quantenphysik 1

Fähigkeit zur Interferenz

- Auch **einzelne Quantenobjekte** besitzen die Fähigkeit zur Interferenz

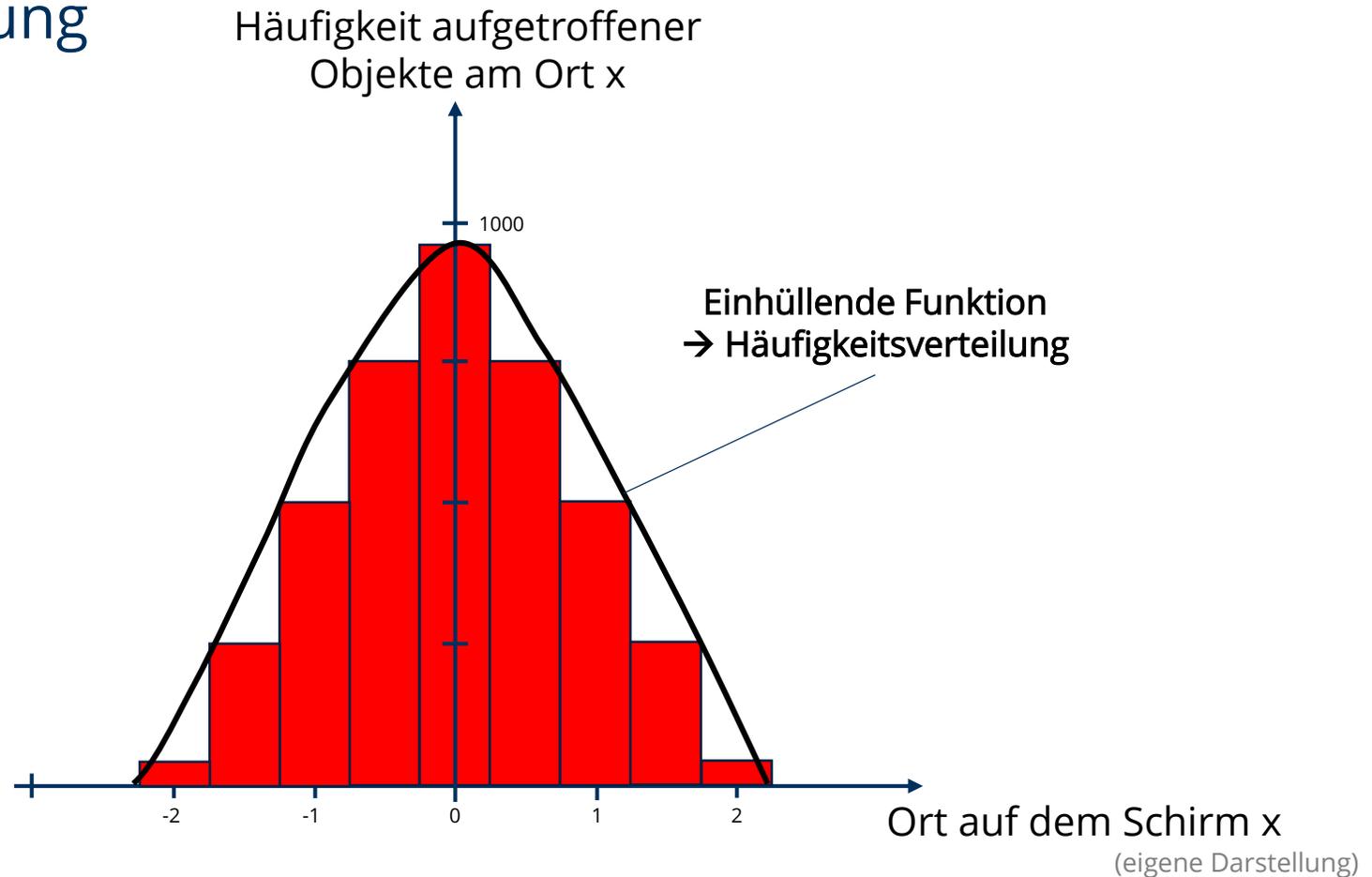
(frei nach Küblbeck und Müller, 2002)

Das Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen



Erklärung Histogramm

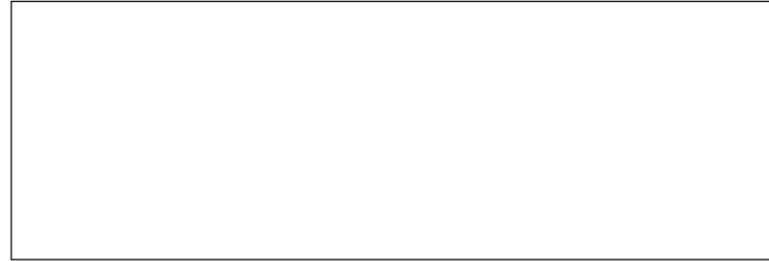
- Häufigkeitsverteilung



Anleitung Simulation

Doppelspaltexperiment

Histogramm



Histogramm -
Häufigkeitsverteilung der
Photonen auf dem Schirm

Schirmbild



Schirmbild

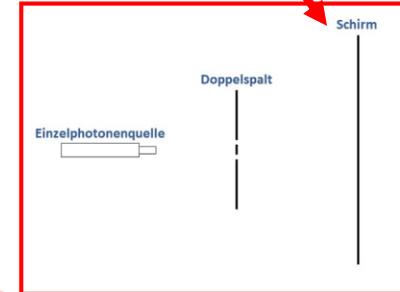
Mit Klick x Photonen durch
den Versuchsaufbau senden

Photonen erzeugen:

Theoretischen Intensitätsverlauf einblenden:

Wahl unterschiedlicher
Versuchsaufbauten

Spaltauswahl: Doppelspalt
 Einzelspalt rechts
 Einzelspalt links



Versuchsaufbau

Simulationsparameter ändern
(Bei unseren Experimenten nicht nötig!)

Simulationsparameter:
Wellenlänge λ / nm 550
Spaltabstand a / nm 2000
Spaltbreite b / nm 500

Schirm und Parameter zurücksetzen

Simulation zurücksetzen:

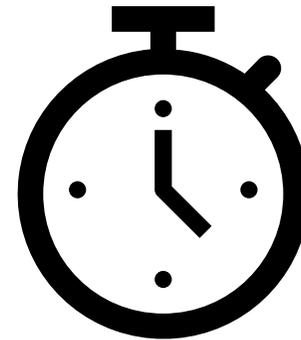
Doppelspalt mit Einzelphotonen

Aufgabe:

Erarbeitet selbstständig den Wesenszug der Quantenphysik Fähigkeit zur Interferenz an der Simulation.

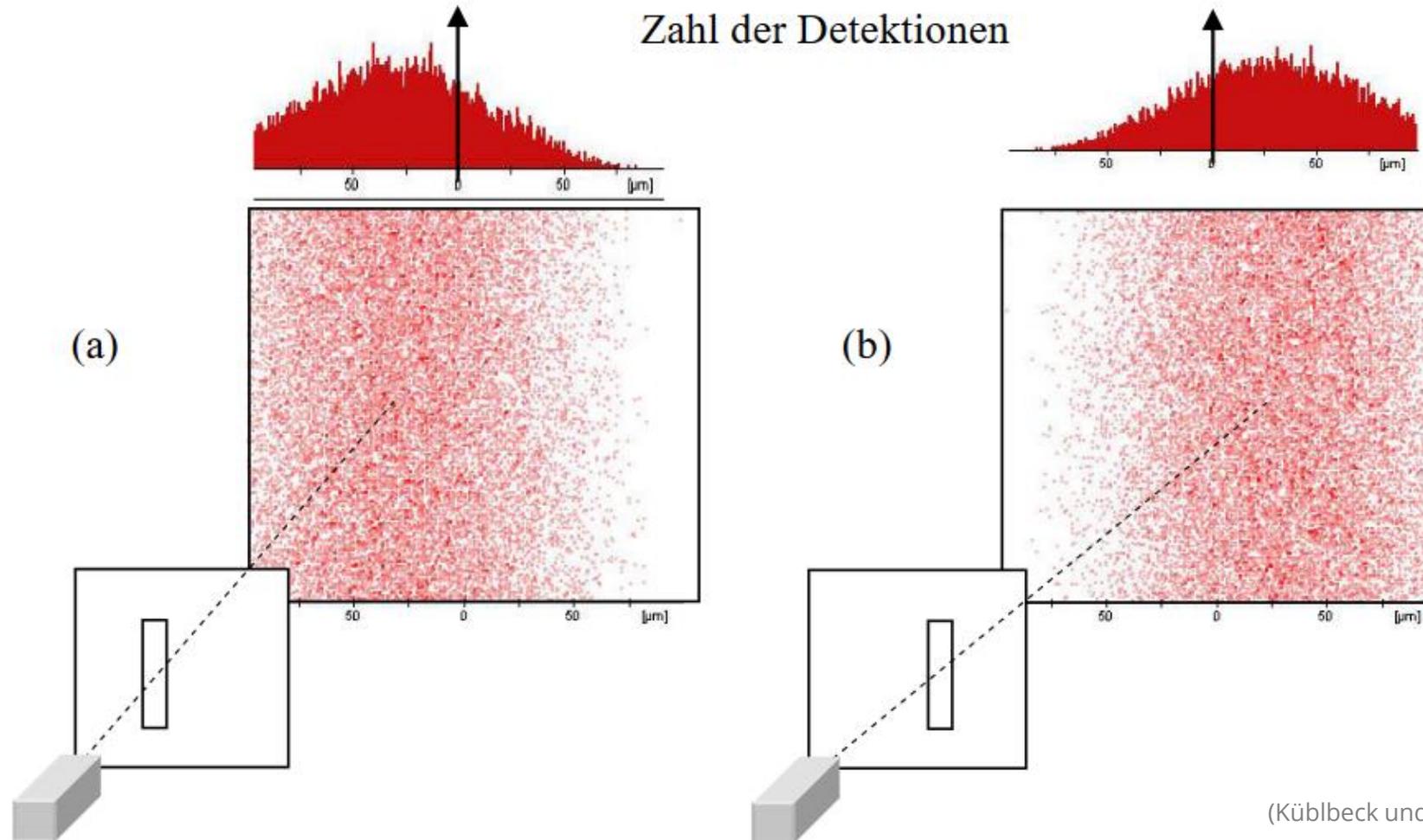


doppelspalt.quantensimulation.de

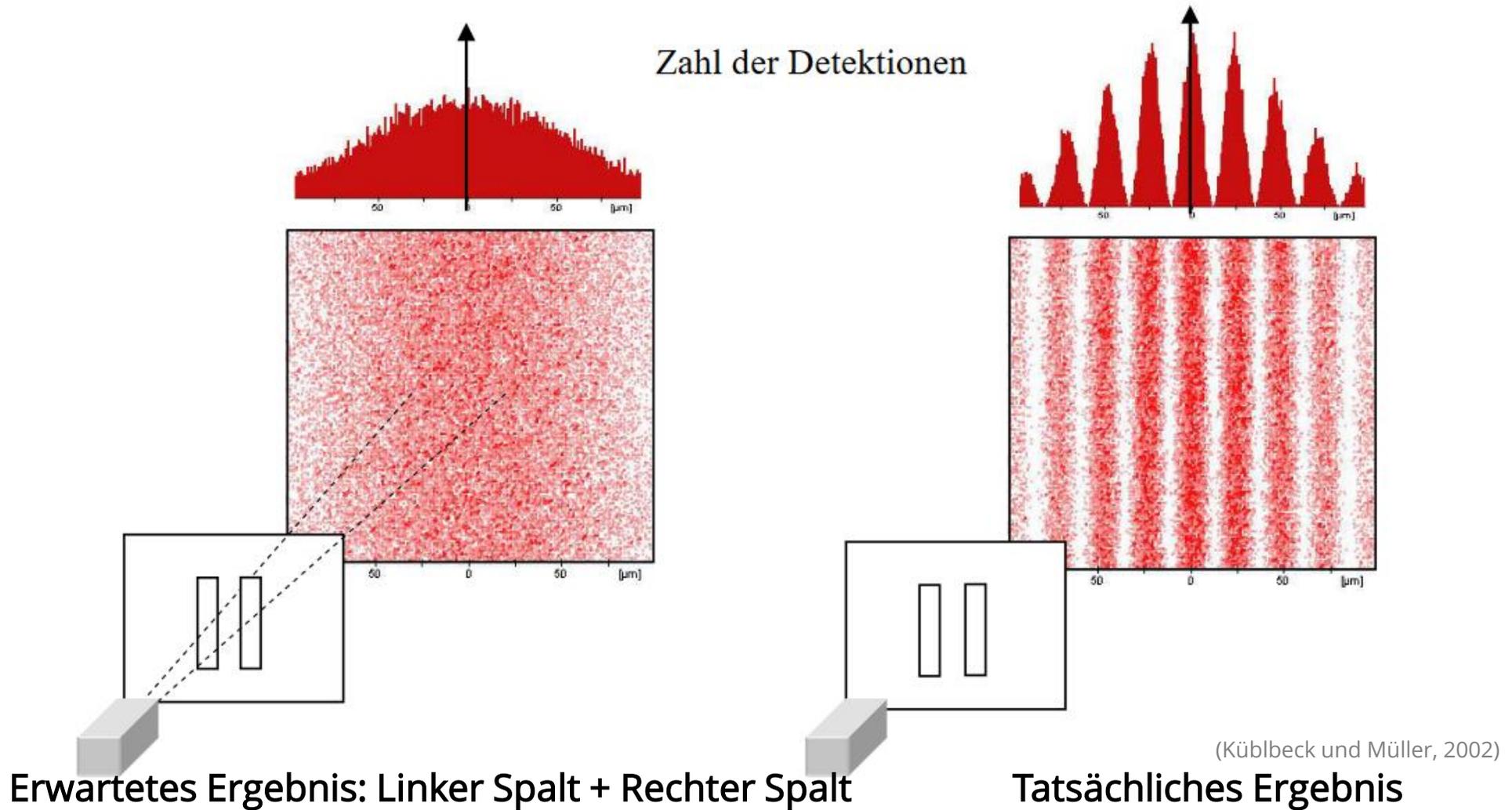


Zeit: 15 min

Das Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen



Das Doppelspaltexperiment mit Einzelphotonen



Wesenszüge der Quantenphysik 1

Fähigkeit zur Interferenz

- Auch **einzelne Quantenobjekte** besitzen die Fähigkeit zur Interferenz

... immer dann, wenn es für das Objekt mehrere klassisch denkbare Möglichkeiten gibt, also eine **Superposition**.

(frei nach Küblbeck und Müller, 2002)

Quellenverzeichnis

Küblbeck, J., & Müller, R. (2002). *Die Wesenszüge der Quantenphysik Modelle, Bilder und Experimente* (2., überarbeitete Auflage). Aulis.

Rosa, R. (2012). The Merli-Missiroli-Pozzi Two-Slit Electron-Interference Experiment. *Physics in perspective*, 14 (2), 178–195. <https://doi.org/10.1007/s00016-011-0079-0>

Zawischa, D. (o. D.). *Beugung und Interferenz*. Institut für Theoretische Physik. Leibniz-Universität Hannover. https://www.itp.uni-hannover.de/fileadmin/itp/emeritus/zawischa/static_html/beugg.html