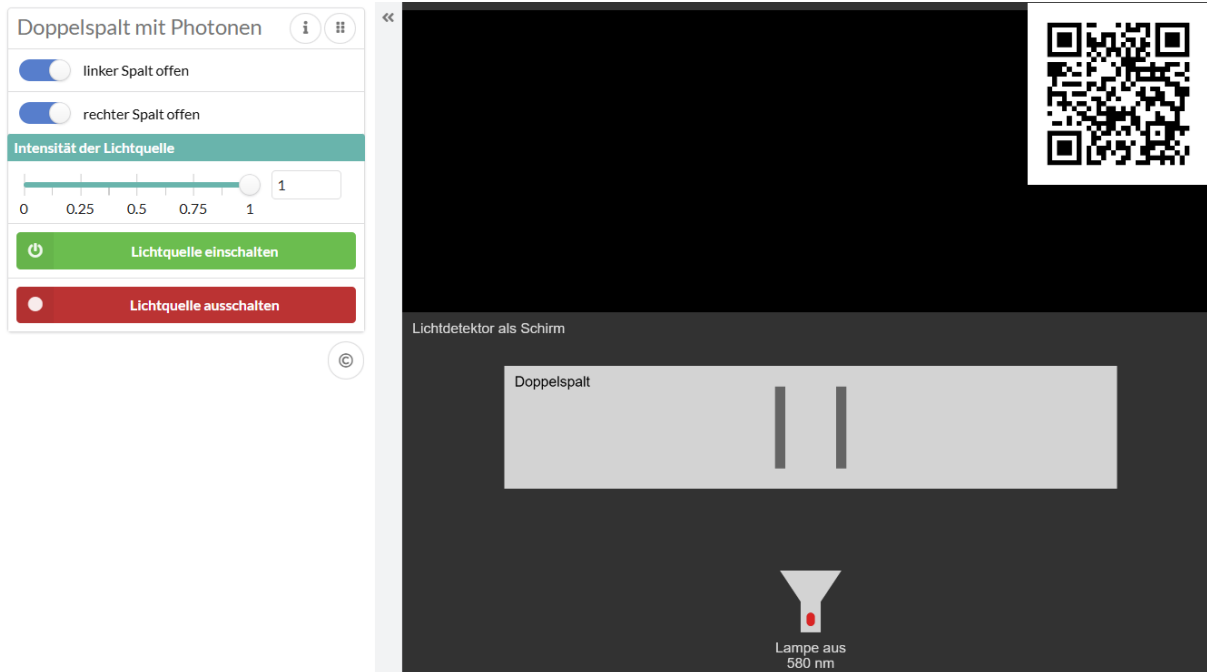


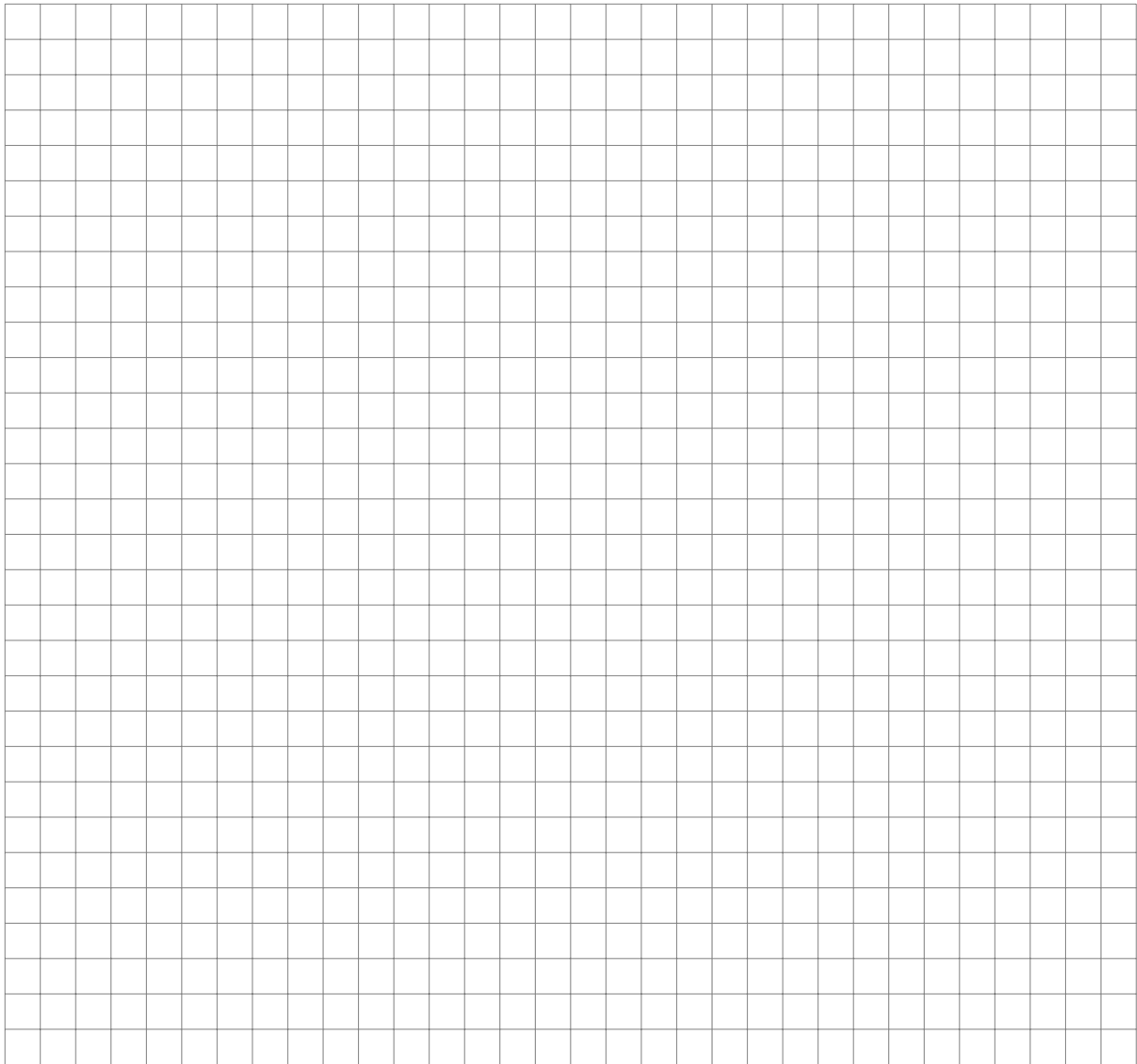
Aufgabe 2

Derartige Beugungsexperimente können heute auch mit einzelnen Quantenobjekten durchgeführt werden. Wir betrachten exemplarisch die Beugung am Doppelspalt. Führen Sie den Doppelspaltversuch mit Photonen mit der Simulation durch (über QR-Code erreichbar) Beschreiben Sie für a)-c) Ihre Beobachtung.



Simulation zur Durchführung des Doppelspaltversuchs mit einzelnen Quantenobjekten, Quelle: Europaschule Gymnasium Westerstede, abrufbar unter https://www.physik.gym-wst.de/apps/qp/04_doppelspaltphoton02/doppelspaltphoton02.html, Zugriff am 28.10.2025

- Öffnen Sie den linken Spalt, schließen Sie den rechten Spalt und schalten Sie die Quelle ein.
- Schließen Sie nun den linken Spalt, öffnen Sie den rechten Spalt und schalten Sie die Quelle ein.
- Öffnen Sie beide Spalte und schalten Sie die Quelle ein.
- Beschreiben Sie die Entstehung des Musters auf dem Schirm.



- e) Einige Beobachtungen des Doppelspaltversuchs können mit dem Wellenmodell, andere mit dem Photonenmodell erklärt werden. Ordnen Sie den Beobachtungen die passende Erklärung zu (über QR-Code erreichbar). Kreuzen Sie in der Tabelle an, welche Beobachtung mit dem Wellenmodell und welche mit dem Photonenmodell erklärt werden kann.

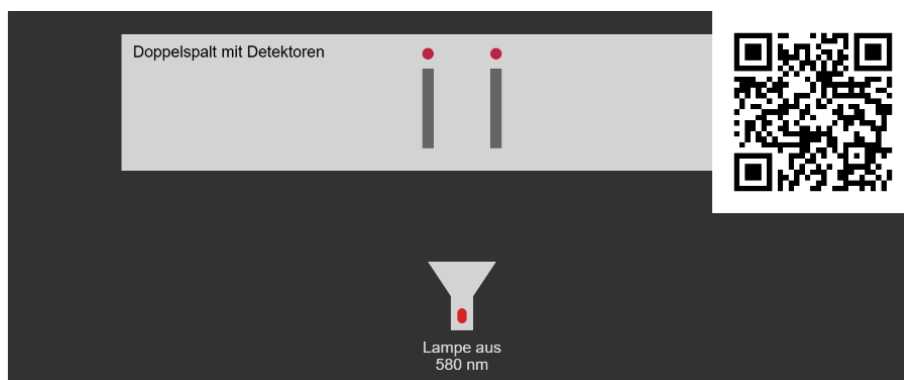
Beobachtung	Wellenmodell	Photonenmodell
Auf dem Schirm erscheinen einzelne Punkte, deren Ort nicht erklärbar ist.		
Es entsteht ein Interferenzmuster.		



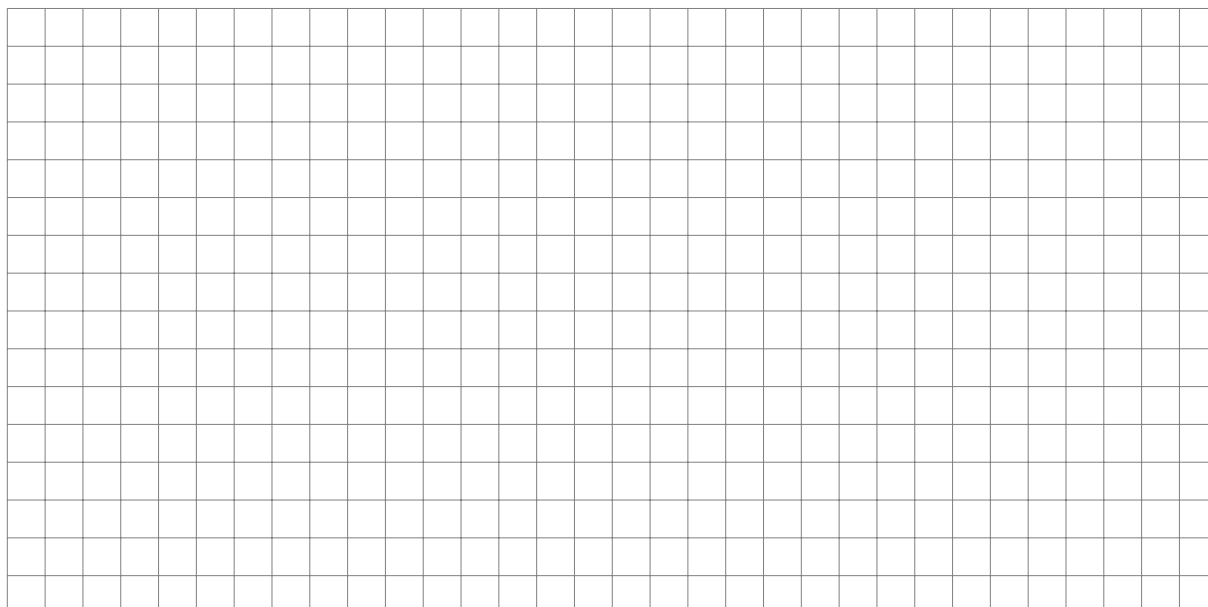
Aufgabe 3

Sie wissen bereits, dass ein Interferenzmuster durch die Überlagerung von Wellen entsteht. Wie kann ein einzelnes Quantenobjekt Interferenz zeigen? Teilt es sich auf?

Betrachten Sie zur Beantwortung dieser Frage das folgende Video (über QR-Code erreichbar). Hinter jedem Spalt wird ein Detektor angebracht. Passiert ein Photon den Spalt, so leuchtet der Detektor grün. Ist der Detektor ausgeschaltet, so leuchtet er rot. Ist er angeschaltet, aber kein Photon passiert den Spalt, leuchtet er gelb.



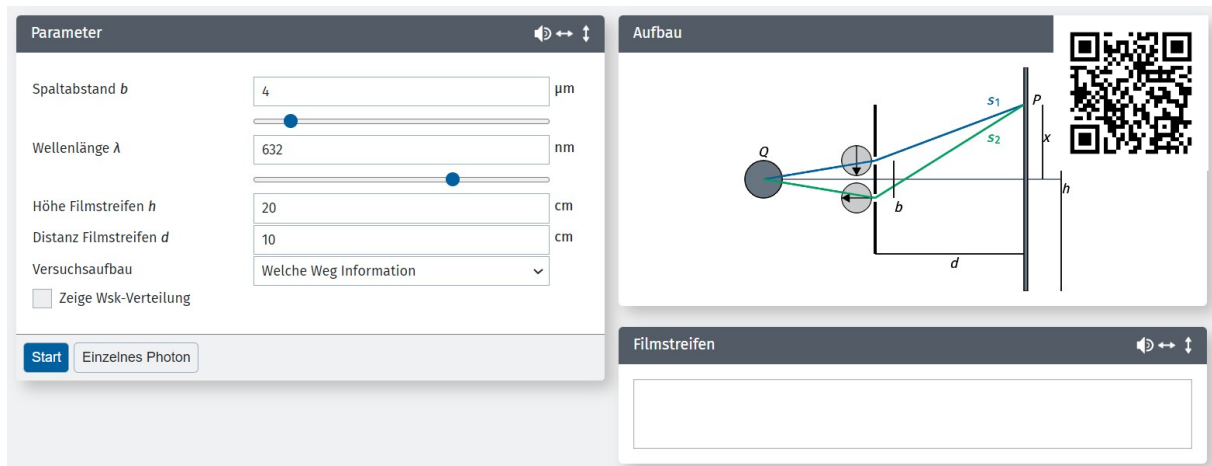
Video zur Überprüfung der Teilung des Photons, Quelle: Europaschule Gymnasium Westerstede, abrufbar unter https://www.physik.gym-wst.de/apps/qp/04_doppelspaltphoton03/doppelspaltphoton03.html, Zugriff am 28.10.2025



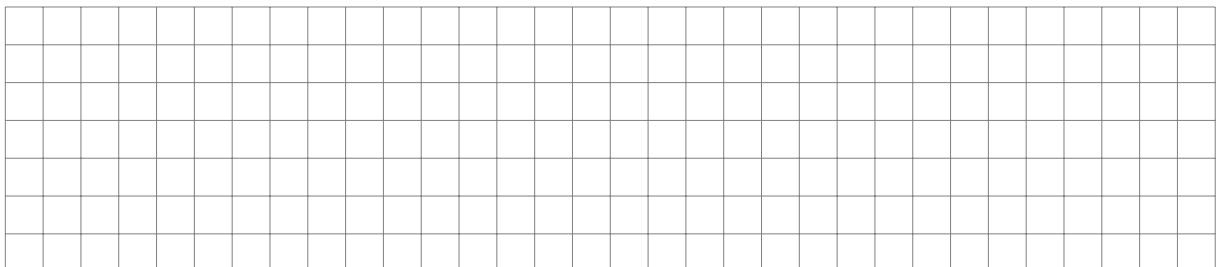
Aufgabe 4

Anstelle von Detektoren können auch Polarisationsfilter in den Strahlengang eingebracht werden. Führen Sie die folgenden Versuchsteile mit der Simulation (über QR-Code erreichbar) durch. Beobachten Sie das entstehende Muster auf dem Filmstreifen.

- Wählen Sie den Standard-Versuchs-Aufbau und starten Sie die Simulation.
- Wählen Sie nun den Aufbau „Welche Weg Information“. Es werden zwei Polarisationsfilter in den Strahlengang eingebracht, die senkrecht zueinander stehen.



Simulation zum Delayed-Choice-Experiment, Quelle: Thomas Kippenberg, abrufbar unter <https://kippenbergs.de/mint-dualism>, Zugriff am 19.11.2023



- Durch den Einbau der Polarisationsfilter erhält jedes einzelne Photon eine Welcher-Weg-Information (Möglichkeit der Durchführung der Messung ist gegeben). Formulieren Sie aus Ihren Beobachtungen aus den Aufgabenteilen a) und b) hinsichtlich Welcher-Weg-Information und Interferenzmuster das quantenmechanische Fundamentalprinzip.

[illegible]

→ Welcher-Weg-Information und Interferenzmuster sind komplementär zueinander.

[illegible]

Der Quantenradierer wird auch als Delayed-Choice-Experiment bezeichnet, da auch nach Passieren des Doppelspalts und der ersten beiden Polarisationsfilter noch über den Einbau des dritten Polarisationsfilters (45°) entschieden werden kann. Damit wird der Ausgang des Experiments verzögert beeinflusst.

Der Doppelspaltversuch kann auch mit Elektronen durchgeführt werden. Als Quantenobjekte zeigen Elektronen am Doppelspalt das gleiche Verhalten wie Photonen. Einen Unterschied sieht man lediglich anhand des entstehenden Interferenzmusters. Entscheiden Sie begründet, welches Interferenzmuster von Elektronen und welches von Photonen erzeugt wurde. Sie dürfen den Zusammenhang $d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot l}{g}$ verwenden, wobei d_k den Abstand vom 0. zum k. Maximum angibt, $l = 1$ m der Abstand zum Schirm und $g = 10 \mu\text{m}$ der Spaltabstand ist.

Schirmbild 1		Schirmbild 2	
d_1	0,05 m	d_1	$1,5 \cdot 10^{-5}$ m
d_2	0,1 m	d_2	$3 \cdot 10^{-5}$ m
d_3	0,15 m	d_3	$4,5 \cdot 10^{-5}$ m

