

WHEELERS DELAYED-CHOICE GEDANKENEXPERIMENT

Von
Marcel Grüneberg

Inhalt

- ▣ Grundidee
- ▣ Experimentelle Realisierung
 - Einzel-Photon-Quelle
 - Experiment von Vincent Jacques

Grundidee

▣ John Archibald Wheeler

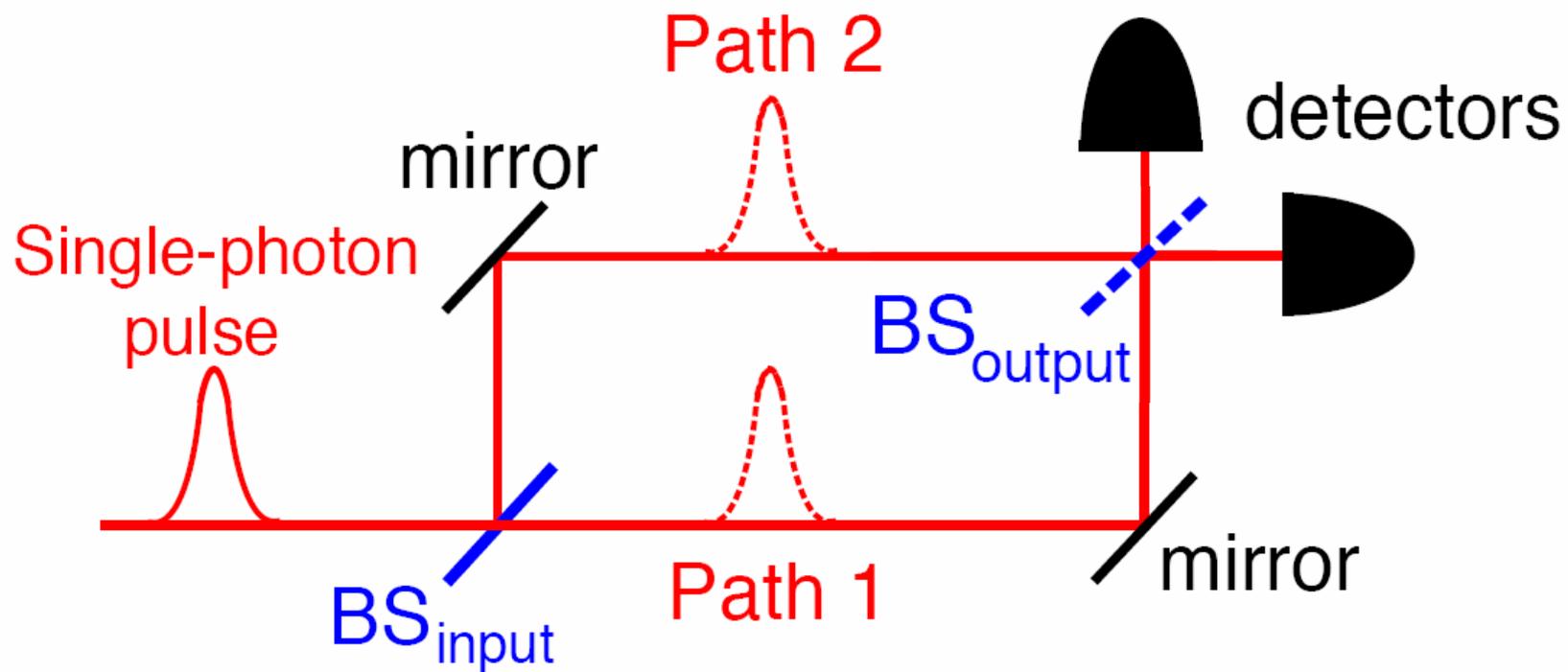


- Geb. 1911 (noch immer am leben)
- theoretischer Physiker aus den USA
- tätig auf vielen Gebieten der Physik (unter anderem Quantenphysik)

Formulierte 1978 das
**Wheeler's Delayed
Choice Gedankenexperiment**

Grundidee

- ▣ *Wheeler's delayed-choice Experiment mit einzelnen Photonen in einem Mach-Zehnder Interferometer*



Experimentelle Realisierung

- ▣ **Experimentelle Schwierigkeiten**
 - Erzeugung **einzelner Quantenobjekte**
 - Umsetzung des **raumartigen Abstandes** zwischen dem Eintritt des Quantenobjekts (Photons) in das Interferometer und der Wahl der Interferometerkonfiguration

Durchführung erst 2007

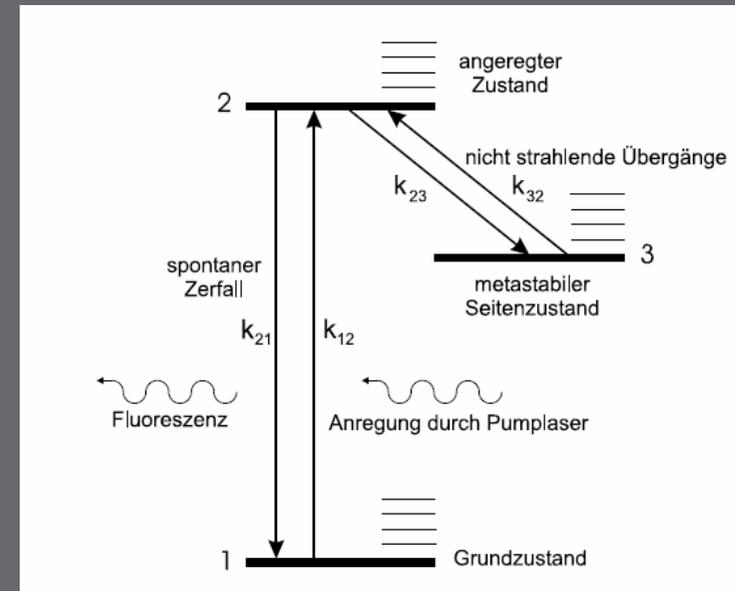
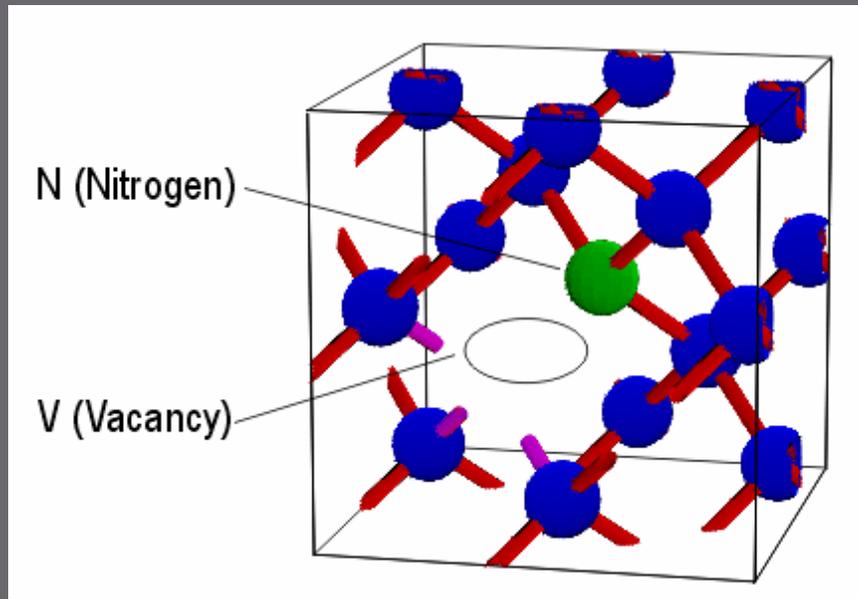
Experimentelle Realisierung

- ▣ **Die Einzel-Photonen-Quelle**
 - Einzelne Ionen oder Atome
 - ▣ Nachteil: hoher technischer Aufwand
 - Farbmoleküle
 - ▣ Nachteil: Photobleichung (Verlust der Fluoreszenz)

- **Störstellen im Diamant**
 - ▣ Vorteile : hohe Stabilität/Langlebigkeit
geringer technischer Aufwand

Experimentelle Realisierung

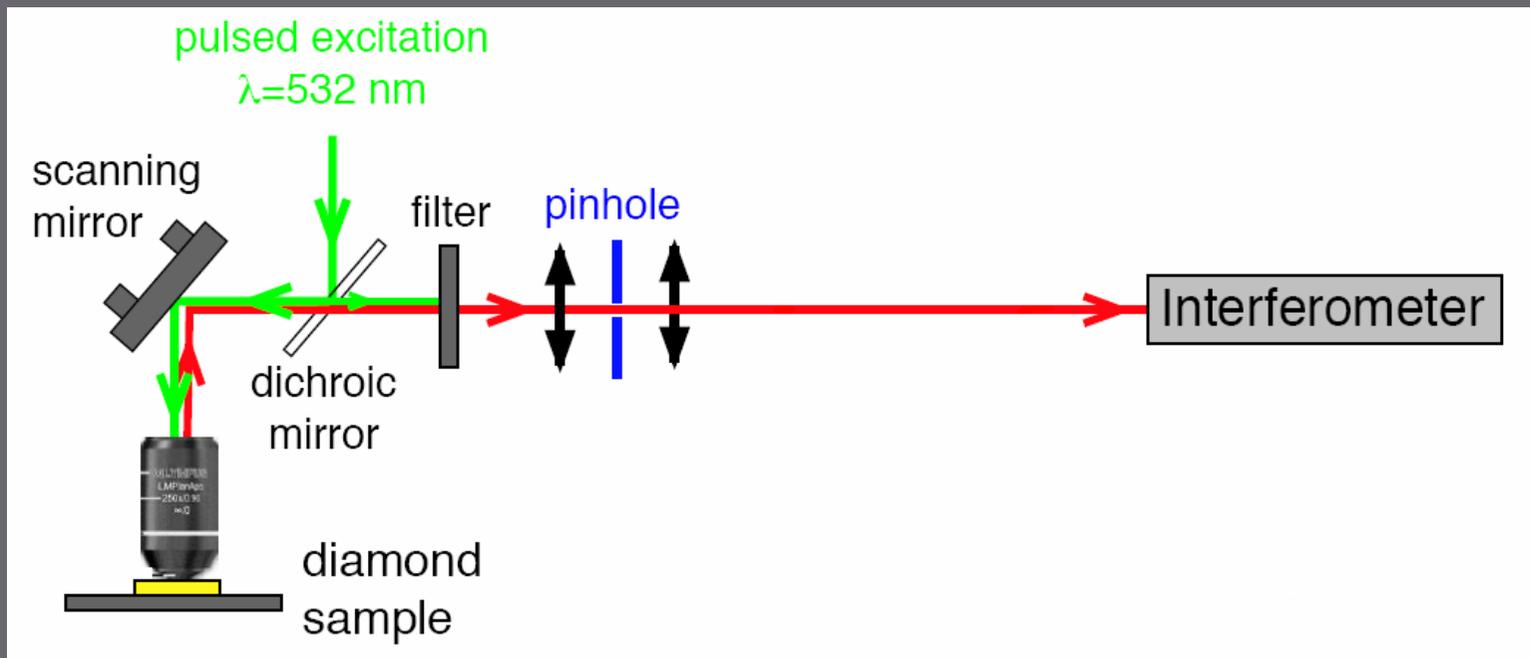
▣ Das N-V-Zentrum(nitrogene-vacancy)



Nachteil des N-V-Zentrums: kein schmalbandiges Spektrum

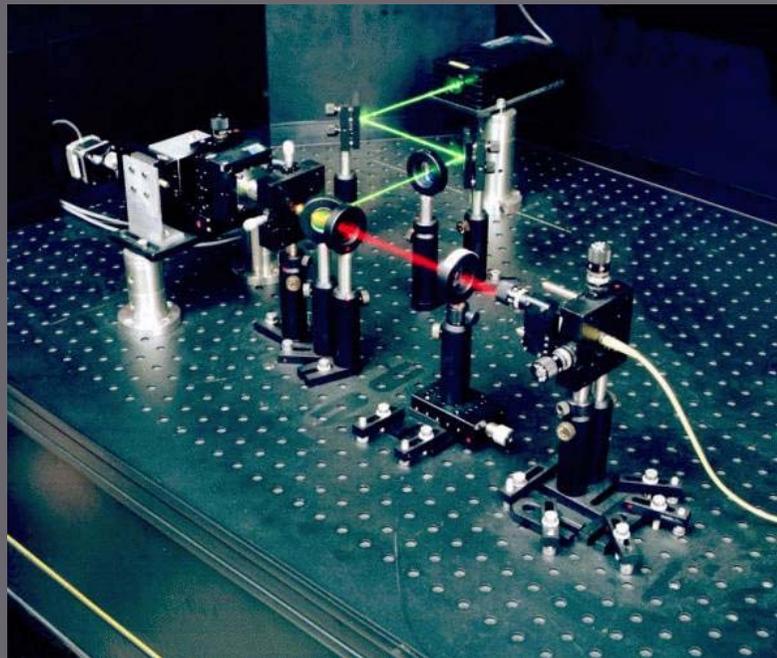
Experimentelle Realisierung

- Einzel-Photonen-Quelle (Experimenteller Aufbau, schematisch/Labor)



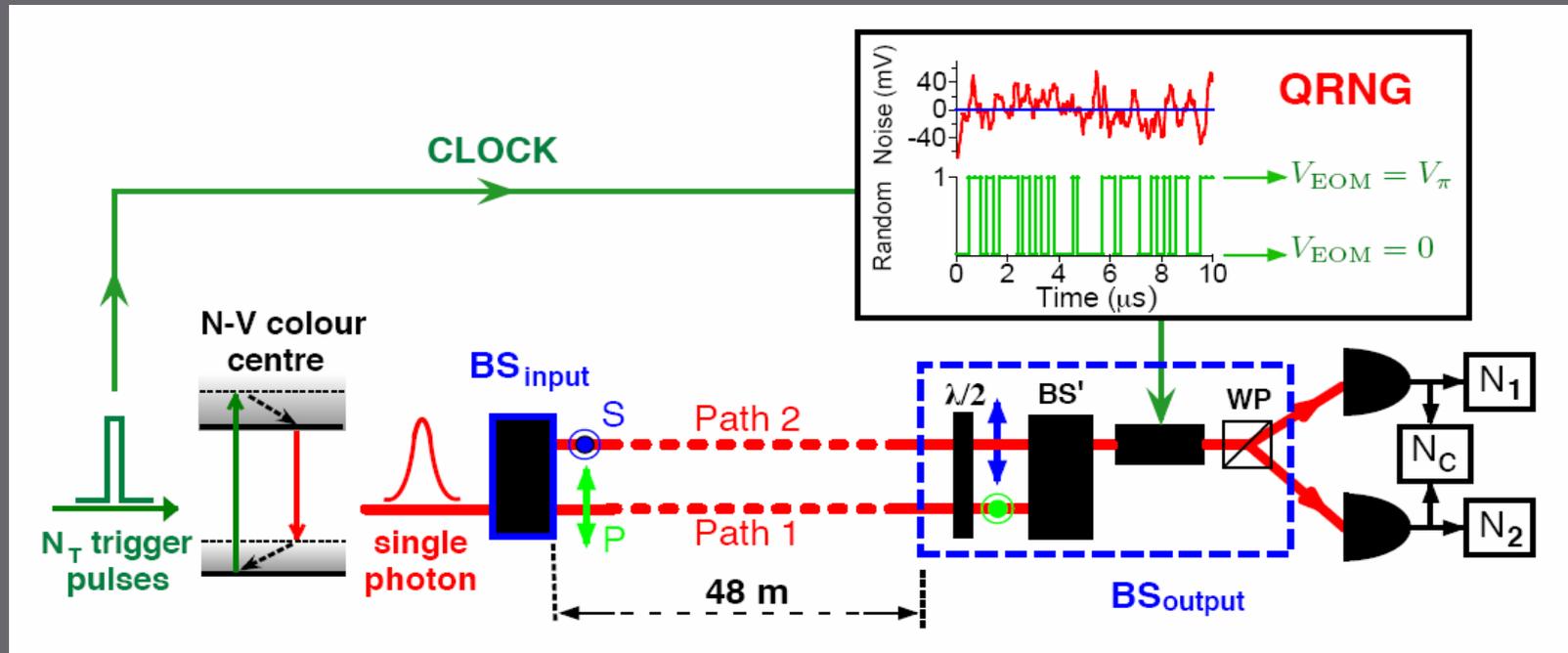
Experimentelle Realisierung

- ▣ Einzel-Photonen-Quelle(Experimenteller Aufbau, schematisch/Labor)



Experimentelle Realisierung

- Experiment von Vincent Jacques
 - schematischer Aufbau



Quelle

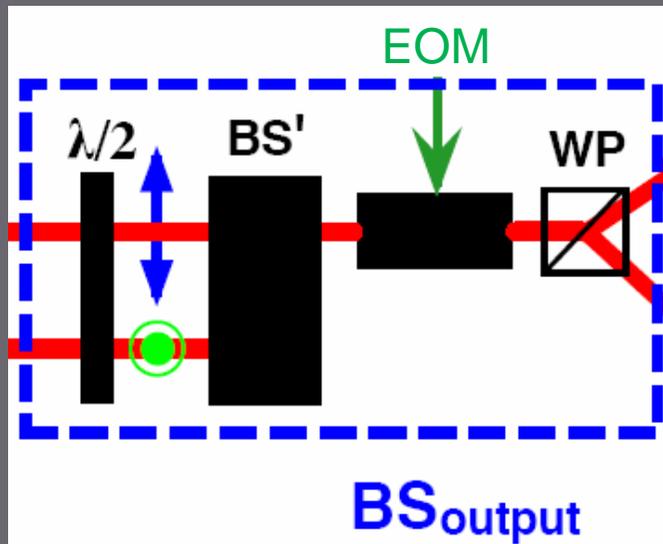
Interferometer

Wahl der
Konfiguration

Detektion

Experimentelle Realisierung

Wahl der Konfiguration

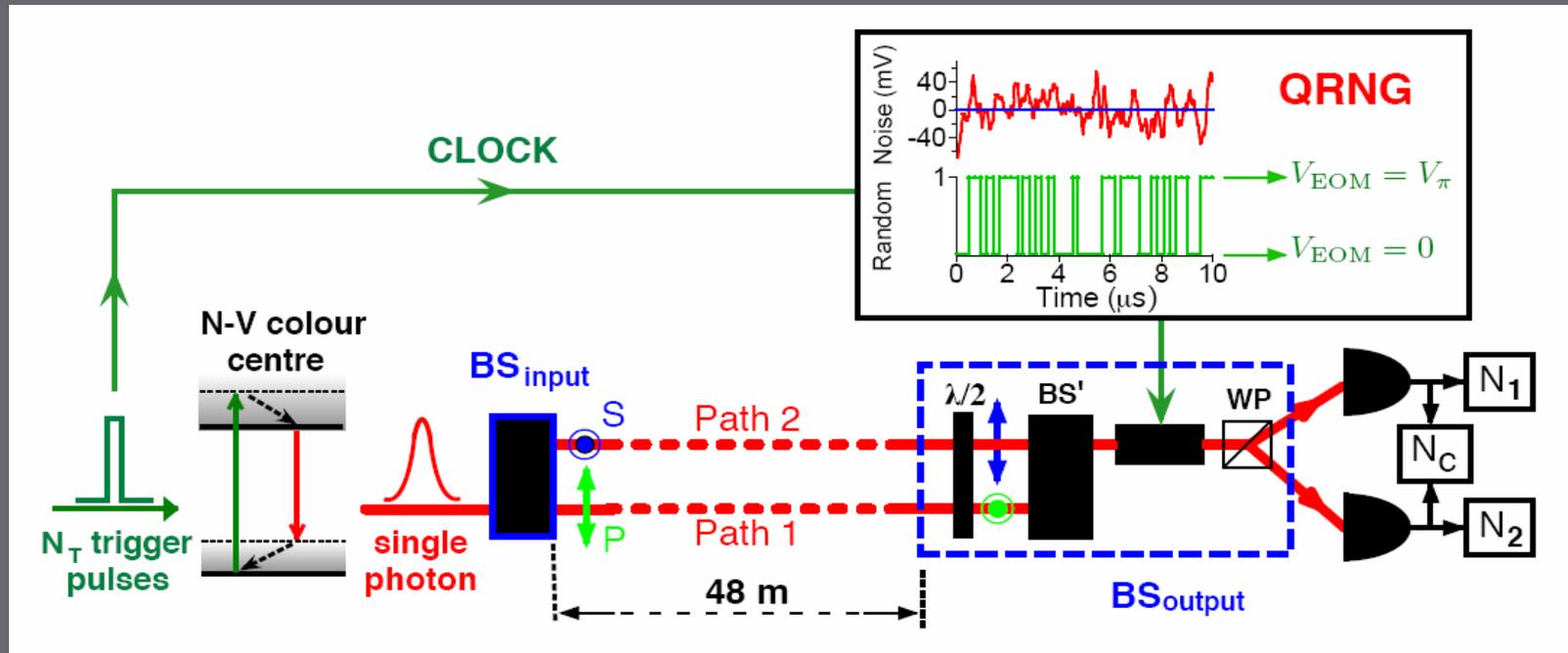


EOM voltage	Polarization state at the output of BS'	Polarization state at the output of the EOM	Polarization state at the output of the Wollaston
$V = 0$			
$V = V_{\pi}$			

EOM benötigt **40 ns** um zwischen den 2 unterschiedlichen Zuständen zu wechseln.

Experimentelle Realisierung

- Experiment von Vincent Jacques
 - schematischer Aufbau



Quelle

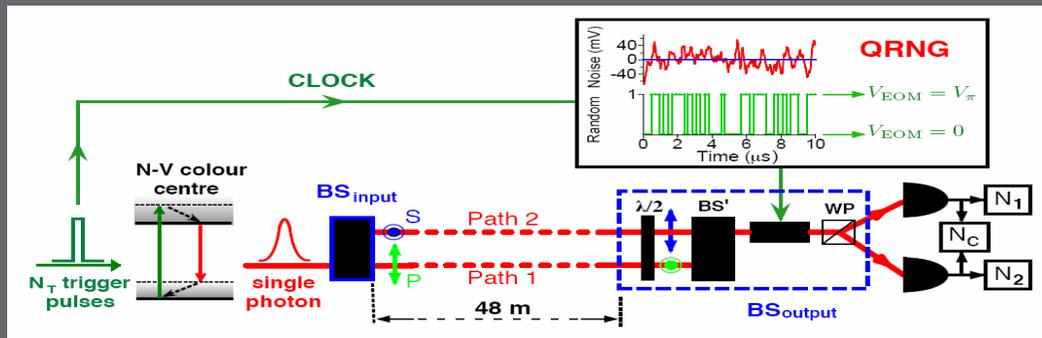
Interferometer

Wahl der
Konfiguration

Detektion

Experimentelle Realisierung

Test des Aufbaus



Einzel-Photonen-Verhalten

$$\alpha = \frac{N_C \times N_T}{N_1 \times N_2}$$

$$\alpha = 0.12 \pm 0.01$$

Welcher Weg
(blocken einer der beiden Pfade)

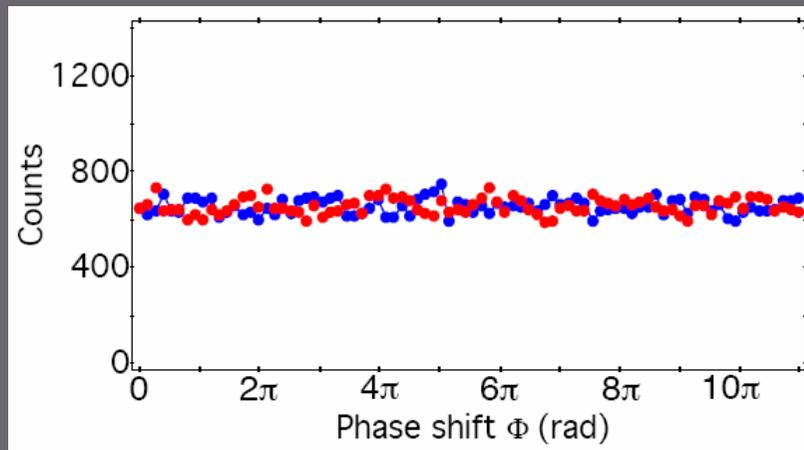
$$I = \left| \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \right|$$

$$I > 0.99$$

Experimentelle Realisierung

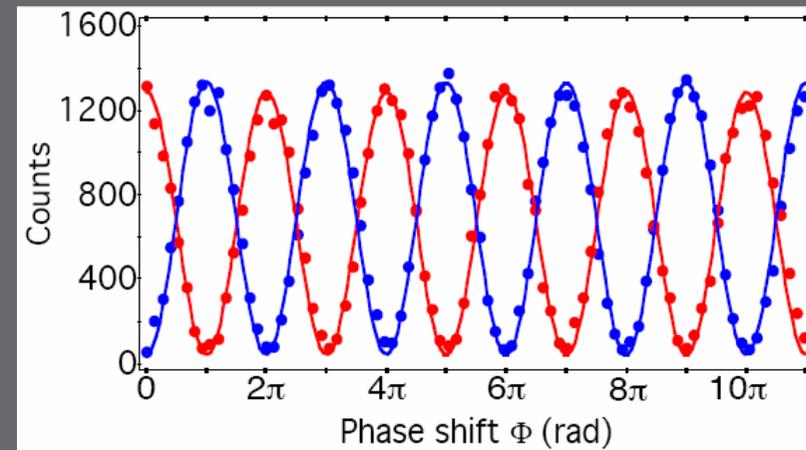
▣ Auswertung

offene Konfiguration



- ▣ keine Interferenz
- ▣ gleichmäßige Verteilung der Ereignisse auf beide Detektoren

geschlossenen Konfiguration



- ▣ klares Interferenzbild erkennbar

Zusammenfassung

- ▣ Verhalten des Photons im Interferrometer hängt nur von der Art der Messung ab (Bohr)
- ▣ Natur verhält sich in Übereinstimmung mit der Quantenphysik, selbst wenn es Spannungen mit der Relativitätstheorie zu geben scheint

Quellen

- ▣ Vincent Jacques, et al., Science **315**, 966 (2007)
- ▣ <http://xqp.physik.uni-muenchen.de/exp/sps/index.html>
- ▣ Vortrag von Judith Lehnert aus dem Seminar „Moderne Optik“

**Viele Dank für eure
Aufmerksamkeit**