

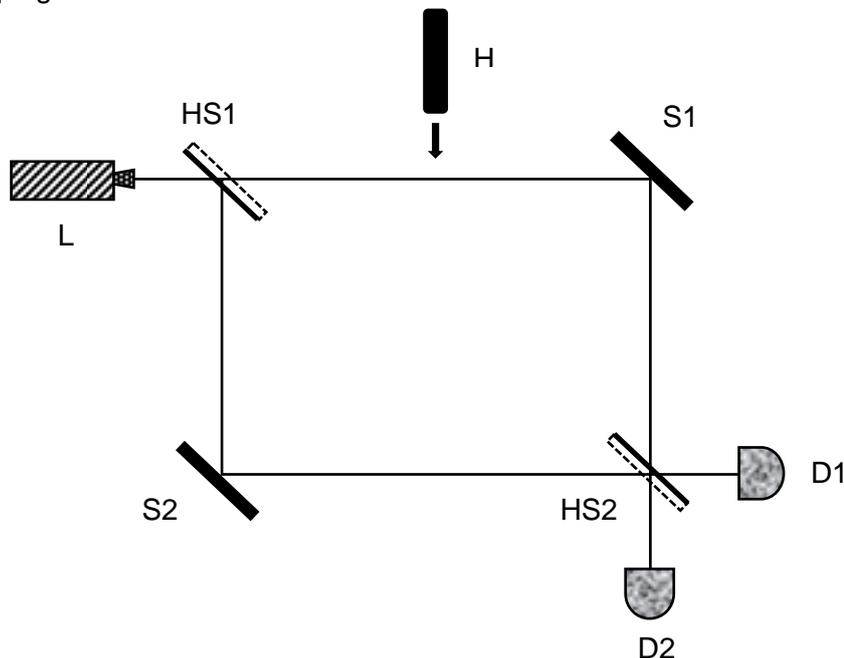
Aufgabe 1: Mach-Zehnder-Interferometer

1 Viele Photonen im Mach-Zehnder-Interferometer

In einem Mach-Zehnder-Interferometer (Bild 1) wird zunächst ein Laser als Lichtquelle mit hoher Intensität verwendet. Die Spiegel befinden sich an den Ecken eines Rechtecks. Sie sind stets so justiert, dass bei Lichteinfall die Strahlrichtung und der Spiegel einen Winkel von 45° bilden.

Bestandteile des Interferometers:

Lichtquelle L	Halbdurchlässiger Spiegel HS1 (Strahlteiler)
Lichtundurchlässiges Hindernis H	Halbdurchlässiger Spiegel HS2 (Strahlteiler)
Spiegel S1	Detektor bzw. Schirm D1
Spiegel S2	Detektor bzw. Schirm D2



- 1.1 Erläutern Sie die Wirkungsweise und den Verwendungszweck eines Mach-Zehnder-Interferometers.
- 1.2 Beschreiben Sie alle prinzipiell möglichen Lichtwege von der Lichtquelle bis zu den Detektoren D1 und D2 und begründen Sie, dass jeweils kein geometrischer Wegunterschied besteht.
- 1.3 Formulieren Sie eine Aussage darüber, welcher der beiden Detektoren bei Verwendung mit Laserlicht ansprechen wird. Begründen Sie Ihre Aussage mithilfe der optischen Wegunterschiede.
- 1.4 Die Laserlichtquelle soll nun durch eine Glühlampe ersetzt werden. Damit wird sich die Ansprechbarkeit der Detektoren ändern. Beschreiben und begründen Sie die Änderung im Vergleich zu Aufgabe 1.3.
- 1.5 Beschreiben Sie das zu erwartende Schirmbild, wenn bei Verwendung von Laserlicht der Detektor D1 durch einen Schirm ersetzt wird.

2 Wenige Photonen im Mach-Zehnder-Interferometer

Durch geeignete Maßnahmen (z.B. Graufilter) soll nun die Intensität des Laserlichts so weit verringert werden, dass nur noch weniger als 10 Photonen in die Anordnung eintreten. Die Detektoren können im Gegensatz zum menschlichen Auge auch noch einzelne Photonen registrieren.

2.1 Beschreiben Sie, wie sich das Schirmbild mit der Zeit entwickeln würde. Unterscheiden Sie die Schirmbilder nach kurzer Zeit, nach endlich langer Zeit und nach unendlich langer Zeit.

2.2 In den Weg zwischen HS1 und S1 wird nun ein lichtundurchlässiges Hindernis angeordnet. Als Lichtquelle dient erneut der Laser. Es wird nachfolgend davon ausgegangen, dass jedes einzelne Photon von den Detektoren registriert werden kann und sich pro Messzyklus nur ein Photon im Interferometer befindet.

Erläutern Sie daran das Prinzip der „wechselwirkungsfreien“ Messung. Argumentieren Sie mit Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Geben Sie an, in wie vielen Fällen man statistisch damit rechnen kann, dass ein Hindernis tatsächlich mithilfe dieses Prinzips identifiziert werden kann.