

Quantenradierer

Der Quantenradierer und seine „klassische“ Variante

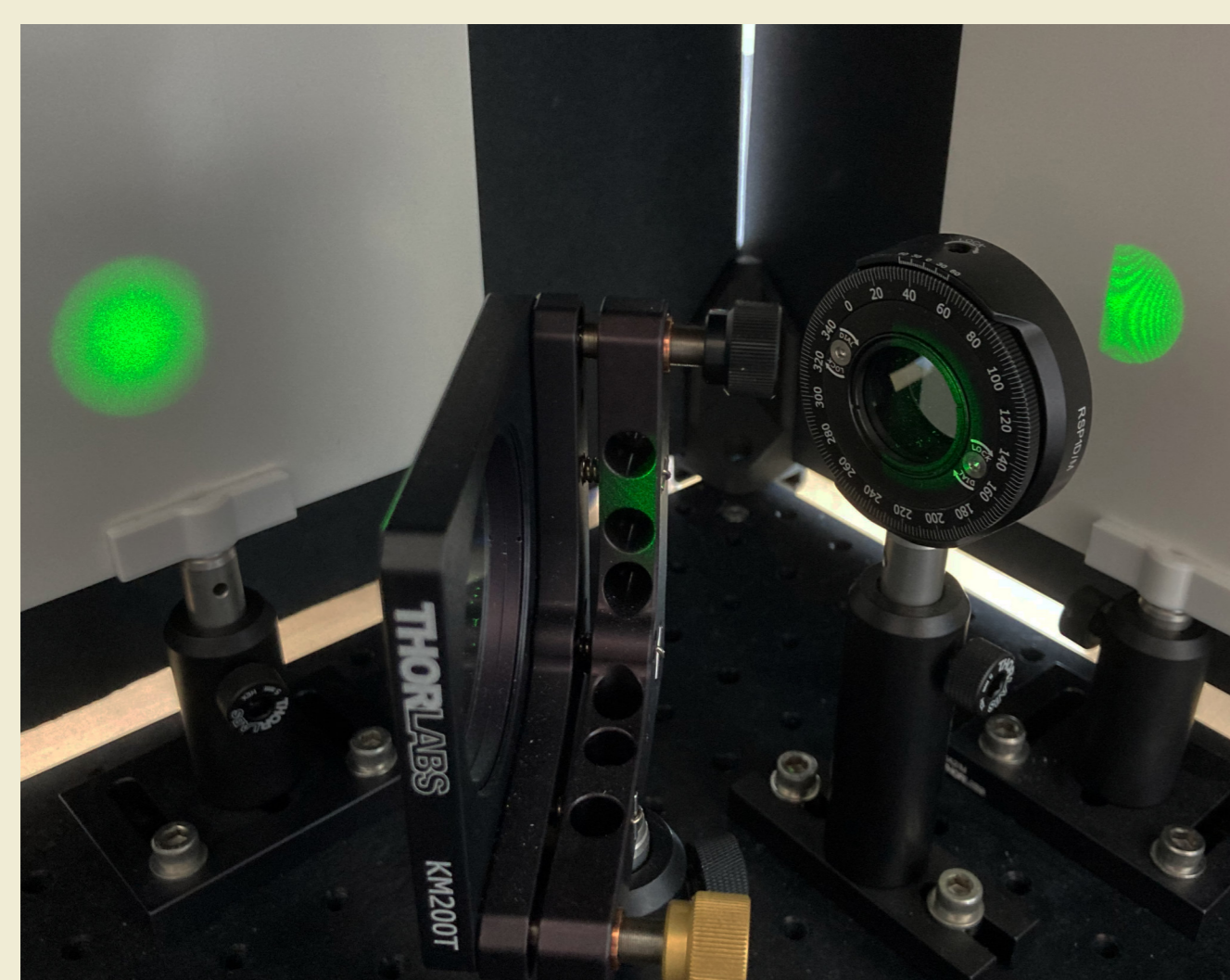
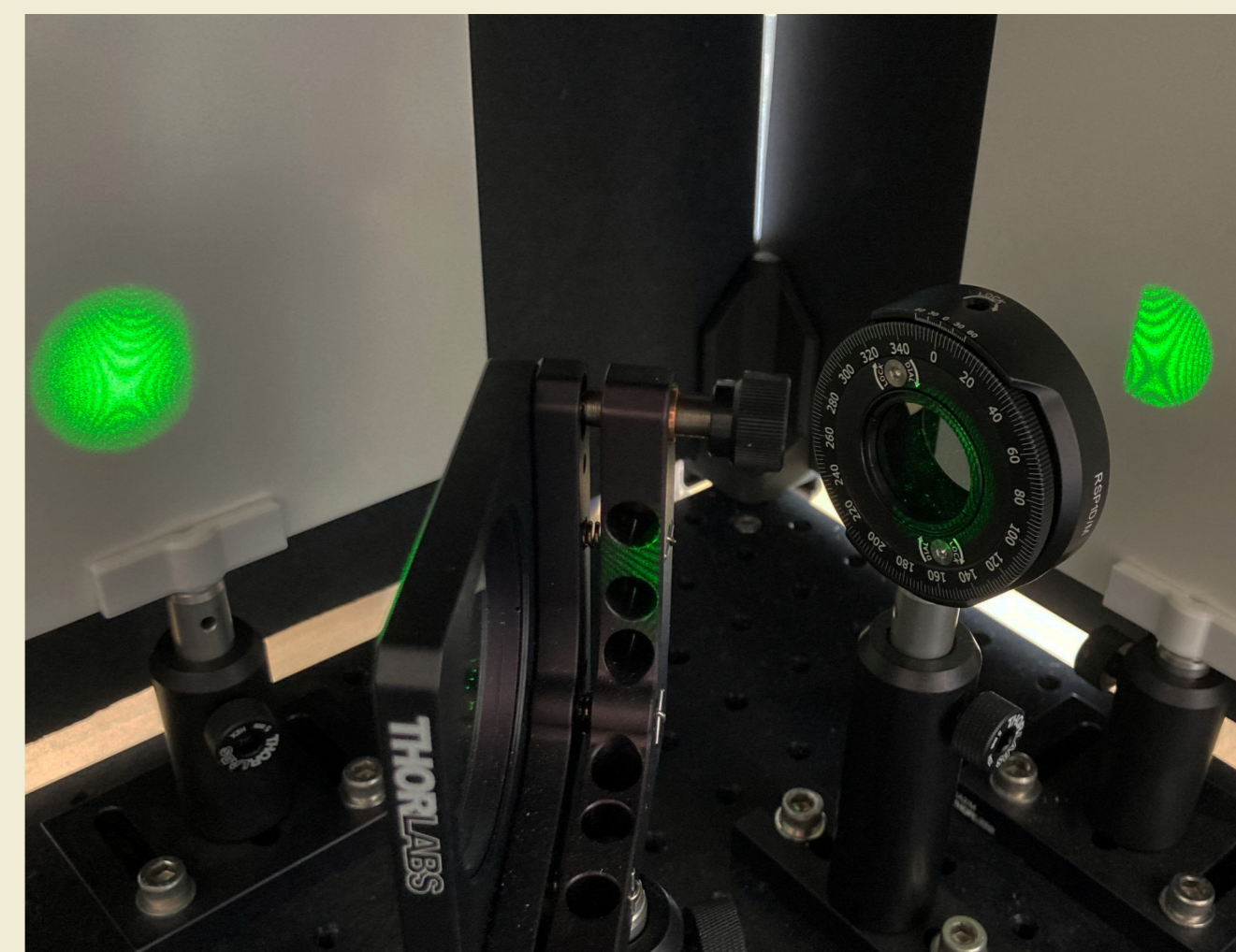
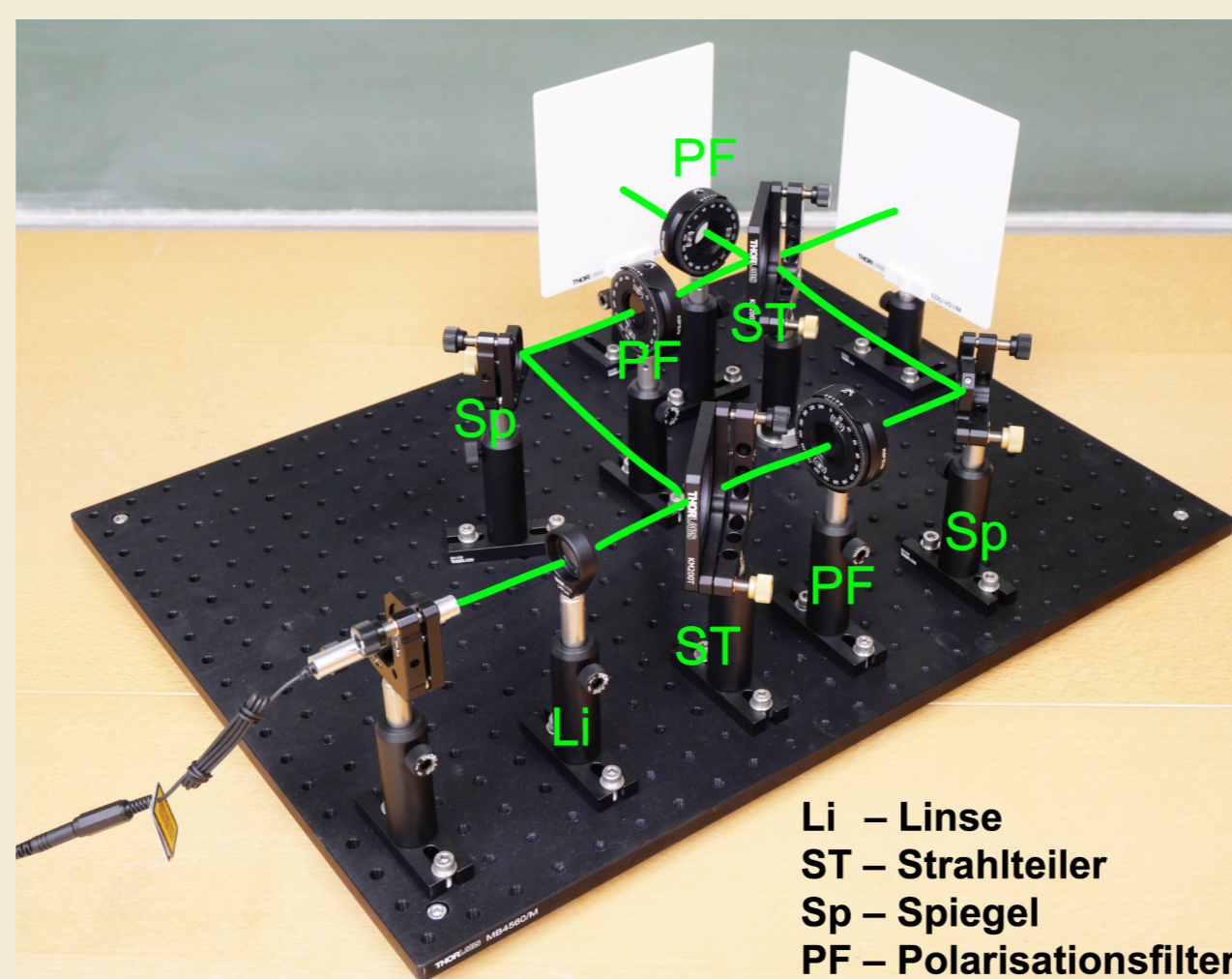
In der Quantenphysik gilt das Prinzip der Komplementarität: Die „Welcher-Weg“-Information und das Entstehen von Interferenzmustern schließen sich aus. Bei einem Quantenradierer wird die „Welcher-Weg“-Information von Quantenobjekten in einem Interferometer in verschränkten Freiheitsgraden gespeichert. Dadurch wird kein Interferenzmuster sichtbar. Löscht man jedoch an diesen verschränkten Freiheitsgraden die „Welcher-Weg“-Information durch eine komplementäre Messung, erhält man dadurch meist eine Zusatzinformation, mit der man die Einzelereignisse in zwei Klassen aufteilen kann. Jede dieser

Klassen zeigt ein Interferenzmuster. Die beiden Muster sind aber gegeneinander um eine halbe Wellenlänge verschoben, sodass in der Summe keine Interferenz erkennbar ist.

Die „klassische“ Version des Quantenradierers verwendet keine Quantenobjekte, sondern normales Licht. Wird eine vorhandene „Welcher-Weg“-Information gelöscht, bevor das Licht auf einen Bildschirm trifft, wird auf dem Bildschirm ein Interferenzmuster erkennbar.

Das Mach-Zehnder-Interferometer

Bei einem Mach-Zehnder-Interferometer wird ein Lichtstrahl an einem ersten Strahlteiler in zwei Teilstrahlen aufgespalten. Über zwei Spiegel werden diese beiden Teilstrahlen auf einen zweiten Strahlteiler gelenkt, so dass sie dort interferieren. Hinter dem zweiten Strahlteiler kann man in jeder Richtung einen weißen Schirm aufstellen, auf dem zueinander komplementäre Interferenzmuster erkennbar sind.



Die „Welcher-Weg“-Information

Stellt man in jeden der beiden Strahlengänge einen Polarisationsfilter, wobei die beiden Filter zueinander orthogonale Polarisierungen durchlassen, markiert man die Strahlen durch ihre Polarisation. Da nun die „Welcher-Weg“-Information vorhanden ist, entsteht kein Interferenzmuster. Klassisch erklärt, treffen am zweiten Strahlteiler nun zwei Lichtstrahlen mit zueinander orthogonalen Polarisierungen aufeinander, die nicht interferieren. Auf den Schirmen hinter dem zweiten Strahlteiler sind daher keine Interferenzmuster erkennbar (linker Schirm auf dem Foto).

Die „Welcher-Weg“-Information wird gelöscht

Stellt man nun hinter den zweiten Strahlteiler in einen der Strahlengänge einen weiteren Polarisationsfilter, dessen Orientierung komplementär zu den beiden Polarisierungen ist (z.B. unter einem Winkel von +45 Grad, wenn die beiden Polarisierungen in den Strahlengängen horizontal und vertikal sind), lässt sich an der Polarisation hinter diesem dritten Filter nicht mehr ablesen, welchen Weg das Licht genommen hat, denn beide Möglichkeiten sind gleich wahrscheinlich. Die „Welcher-Weg“-Information wird gelöscht (ausradiert) und auf dem Schirm wird ein Interferenzmuster erkennbar (rechter Schirm auf dem Foto).

