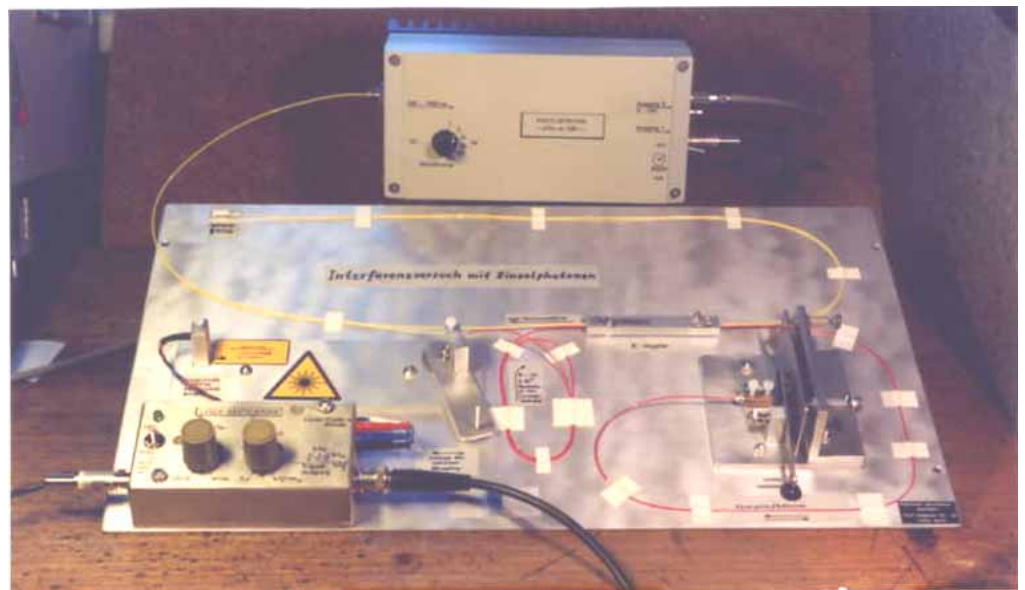
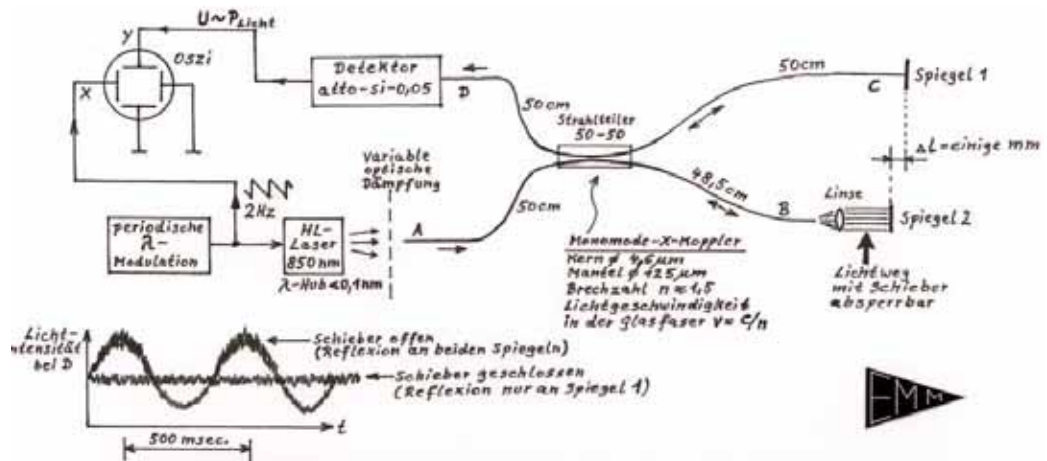
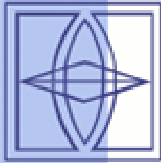


Die Fähigkeit des atto-s-005, sehr kleine Lichtleistungen nachzuweisen, ermöglicht es auf anschauliche Weise, das Quantenphänomen der Nichtlokalität zu demonstrieren (EMM). Hierzu wird ein Michelson-Interferometer benutzt, bestehend aus einem Glasfaser-X-Koppler und 2 Spiegeln.



Funktion bei geschlossenem Schieber

Von der bei A eingestrahltten Lichtleistung geht die eine Hälfte nach B und wird vom Schieber absorbiert. Die andere Hälfte geht nach C, wird am Spiegel 1 zurück zum Strahlteiler reflektiert und gelangt jeweils zur Hälfte über D auf den Detektor und über A zurück in Richtung Lichtquelle. Von Verlusten abgesehen, erreicht $\frac{1}{4}$ des eingekoppelten Lichtes den Detektor. Entsprechend dieser Konstanz ist auf dem Oszilloskop eine waagrechte Linie zu sehen, überlagert lediglich von etwas Rauschen.



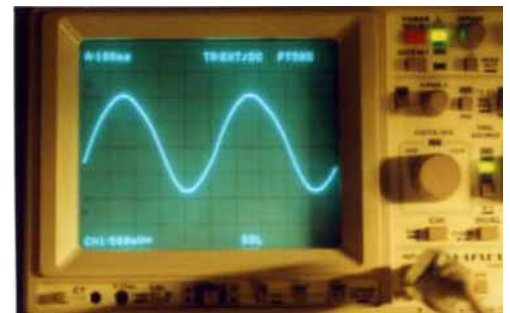
Funktion bei offenem Schieber

Der zuvor am Schieber absorbierte Lichtanteil wird am Spiegel 2 reflektiert und gelangt nun ebenfalls zum Strahlteiler zurück. Es kommt zur Interferenz mit dem vom Spiegel 1 reflektiertem Anteil. Abhängig von

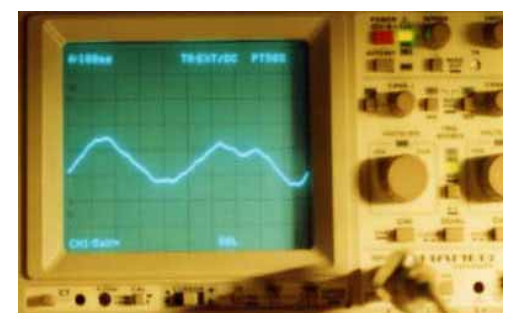
Δl und der infolge λ -Modulation gerade aktuellen Wellenlänge kann entweder das gesamte Licht über D auf den Detektor gelangen (Maximum auf dem Bild des Oszilloskops) oder über A zurück in Richtung Lichtquelle (Minimum auf dem Bild des Oszilloskops) oder es wird irgendein Mischungsverhältnis zwischen den Extremen entstehen. Bei geeigneter Amplitude des λ -Hubes lässt sich gerade ein vollständiger sinusförmiger Durchlauf je Sägezahnperiode herstellen. Wären Strahlteiler, Linse und Spiegel verlustfrei, dann würde der Sinus zwischen 0 % und 400% oszillieren, bezogen auf die Amplitude bei geschlossenem Schieber.

Versuchsdurchführung

Zunächst wurde die optische Dämpfung so justiert, dass große Detektorsignale entstanden (linkes Bild: Schieber ist geschlossen; rechtes Bild; Schieber ist offen); vertikal 500mV / div.

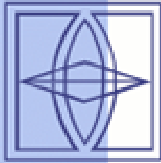


Eine immer höher eingestellte optische Dämpfung verringerte erwartungsgemäß die Detektorsignale, änderte jedoch nichts an deren Gestalt (linkes Bild : Schieber ist geschlossen; rechtes Bild ; Schieber ist offen); vertikal 5mV / div.



Auch Lichtleistungen von ca. $2,8 \cdot 10^{-15}$ Watt, eingekoppelt in Lichtwellenleiter A, ließen noch deutlich den Unterschied zwischen geschlossenem Schieber (verrauschte Gleichspannung) und offenem Schieber (verraushtes Sinussignal) erkennen.

Bis hier hat der „gesunde Menschenverstand“ keine Schwierigkeiten. Warum sollte sich bei verringerter Lichtintensität auch etwas prinzipiell verändern? Ein Physiker des 19. Jahrhunderts, der sich Licht als hochfrequente Ätherschwingung vorstellte, hätte das Experiment ganz ähnlich beschrieben.



Seit Planck wissen wir jedoch, dass die Emission und Absorption von Licht nur in Form winziger, jedoch unteilbarer Portionen, den Photonen, vorstatten geht. Die Energie eines Photons ist $E = h \cdot f$ (h = Planck-Konstante, f = Lichtfrequenz = c/λ). Jedes 850nm-Photon, wie hier vom Laser ausgesandt, hat daher eine Energie von ca. $2,34 \cdot 10^{-19}$ Js. Die erwähnte Lichtleistung von $2,8 \cdot 10^{-15}$ Watt entspricht einer Rate von ca. 12.000 Photonen pro Sekunde. Der durchschnittliche zeitliche Abstand zwischen zwei bei A eintretenden Photonen ist folglich 83 μ s. Um von A nach D zu gelangen, braucht jedes Photon aber nur 10 ns, eine 8300-fach kürzere Zeit.

Statistisch wird es zwar gelegentlich vorkommen, dass gleichzeitig zwei Photonen das Interferometer durchlaufen, die meisten Photonen tun dies aber allein. Trotzdem ist jedes von ihnen imstande, gleichzeitig das Vorhandensein beider (mehrere Dezimeter voneinander entfernt!) Spiegel festzustellen und daraufhin, je nach Wellenlänge bzw. Energie, entweder nach A oder nach D zurückzueilen. Wäre das Photon zu jeder Zeit ein punktförmiges Partikel, wie Newton es sich vorstellte, dann könnte es das nicht!

Wie lässt sich das Experiment nun anschaulich interpretieren?

Bei Emission und Absorption darf man das Photon als näherungsweise punktförmig ansehen. Sobald es jedoch den Strahlteiler passiert hat und solange man keine Anstalten macht es zu messen, hat das Photon keinen eindeutig bestimmbar Ort mehr. Es ist in B und C gleichzeitig – gewissermaßen wie ein Krake, der zwei μ m-dünne, aber 50cm lange Arme bis zu den Spiegeln 1 und 2 ausstreckt. Spätestens beim Eintreffen auf dem Detektor ist das Photon wieder ein punktförmiges Partikel. Der abstrakt denkende Physiker beschreibt das Photon mit Hilfe der Wellenfunktion und ist auf derartige sinnlich-anschauliche Hilfen nicht angewiesen.