

V64

Interferometrie

Pelle Ofenbach

pelle.ofenbach@tu-dortmund.de

Julian Schröer

julian.schroeer@tu-dortmund.de

Durchführung: 25.04.2018

Abgabe: 16.05.2018

Inhaltsverzeichnis

1 Theorie

Das verwendete Interferometer, benannt nach Georges Sagnac, nutzt den Effekt der Interferenz zur präzisen Messung von Unterschieden in der optischen Dichte verschiedener Materialien. Da zur Interferenz zwei unterschiedliche optische Signale benötigt werden, teilt ein sogenannter polarizing beam-splitting Cubes (PBSC) den zur Untersuchung verwendeten Laserstrahl. Hierbei handelt es sich um einen durchsichtigen Würfel, welcher aus zwei Prismen zusammengesetzt ist. Die in seinem Inneren auftretende Grenzfläche sorgt für eine teilweise Reflexion des einfallenden Strahles und eine teilweise Transmission. Es treten folglich zwei Strahlen in zwei senkrecht zueinander stehende Richtungen aus dem PBSC aus. Zusätzlich sind diese Strahlen zueinander orthogonal polarisiert, d.h. es kann keine Interferenz zwischen beiden Strahlen auftreten. Dementsprechend müssen beide Strahlen vor der Detektion z.B. durch einen Polarisationsfilter auf eine gemeinsame Achse projiziert werden. Da der PBSC jedoch lediglich die im einfallenden Strahl überlagerten Polarisationen auseinanderfiltert muss der einfallende Strahl um 45° gegen die Vertikale gekippt polarisiert sein, um eine gleiche Intensität der beiden Teilstrahlen zu gewährleisten. Diese beiden Strahlen durchlaufen im Interferometer einen nur geringfügig versetzten Weg, also im Gegensatz zum Michelson-Interferometer die gleichen Spiegel. Sie werden im gleichen PBSC getrennt und, nach einem geschlossenen Umlauf durchs Interferometer, wieder überlagert. Dies bildet ein sehr präzises Messgerät, da bspw. kleine Produktionsunterschiede der Spiegel (z.B. unterschiedlich dickes Glas) nicht zu Unterschieden in den Strahlengängen führt. Die Qualität von Interferometern wird durch den Kontrast K bestimmt. Es gilt:

$$K = \frac{I_{max} + I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \quad (1)$$

Hierbei bezeichnet I_{max} die Intensität der Interferenzmaxima, I_{min} entsprechend die der Interferenzminima. Diese Intensität hängt stark von der Polarisation des Ursprungsstrahls ab, da gilt: $I < |E_h + E_v|^2 >$ und die E -Feld Komponenten naturgemäß abhängig sind vom Winkel des Ursprungsstrahls $E = E_0 \cos(\omega t)$ gegen die Vertikale. O.B.d.A. wird der im Interferometer verursachte Gangunterschied δ zwischen den beiden Komponenten als Unterschied der horizontalen gegen die Vertikale betrachtet. So ergibt sich

$$K_v = E_0 \cos(\phi) \cos(\omega t) \quad (2)$$

sowie

$$K_h = E_0 \sin(\phi) \cos(\omega t + \delta) \quad (3)$$

mit ϕ als Polarisationswinkel. Die Intensität lässt sich somit durch

$$I < |E_h + E_v|^2 > = < |E_0 \cos(\phi) \cos(\omega t) + E_0 \sin(\phi) \cos(\omega t + \delta)|^2 > \\ I_{min,max} = \frac{E_0^2}{2} \pm E_0^2 \cos(\phi) \sin(\phi)$$

Da nur konstruktive, bzw destruktive, Interferenz betrachtet wird, gilt $\delta = 2\pi n$, mit $n \in \mathbb{N}$, bzw. $\delta = (2n + 1)\pi$, mit $n \in \mathbb{N}$, was zu \pm -Unterscheidung führt. Zudem gilt allgemein $< \cos(\omega t + \delta) > = \frac{1}{2}$. Durch Verwendung des Zusammenhanges $\sin(2\phi) = 2 \cos(\phi) \sin(\phi)$ sowie (1) lässt sich K über

$$K = \sin(2\phi) \quad (4)$$

beschreiben. Ist dieser Kontrast hinreichend groß, kann eine zuverlässige Bestimmung der Druckabhängigkeit der Brechungszahl eines optisch dünnen Gases, bzw. Gemisches, erfolgen, indem in einen Strahl eine Gaszelle der Länge L eingebracht wird. In dieser wird der Druck von p_1 auf p_2 variiert und die Anzahl M der dabei auftretenden Interferenzmaxima gemessen. Hierfür gilt die Formel