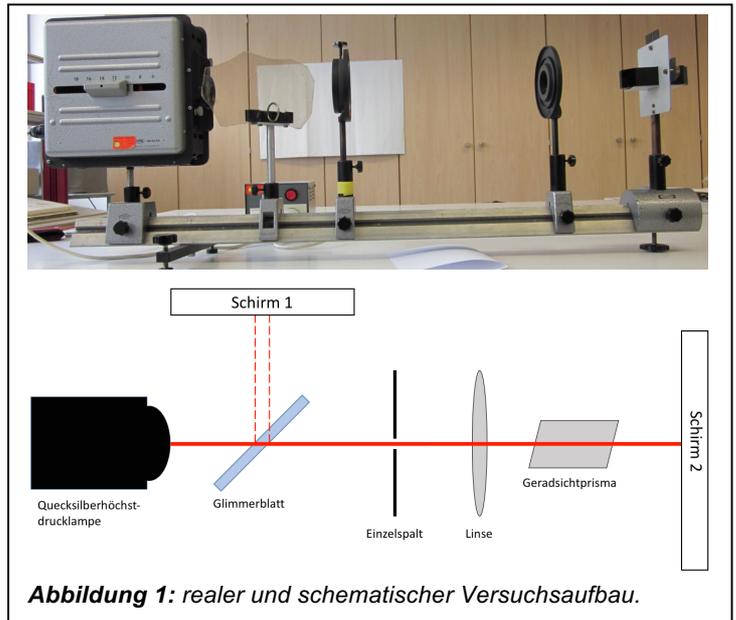


Versuch

Eine Quecksilber-Höchstdrucklampe beleuchtet ein Glimmerblatt, das um 45° gedreht in den Strahlengang gestellt wurde. Ein Teil des einfallenden Lichts wird an der Vorder- und Hinterseite des Glimmerblatts reflektiert.

Der restliche Teil des Lichts durchquert das Glimmerblatt und trifft anschließend auf einen Spalt, der auf Schirm 2 abgebildet wird. Dieser Lichtstrahl wird durch ein Prisma in die einzelnen Spektrallinien des Quecksilber-Spektrums aufgeteilt. Von besonderer Bedeutung ist hierbei im Folgenden die gelbe Doppellinie.



Versuchsbeobachtung

Beginn der Messung

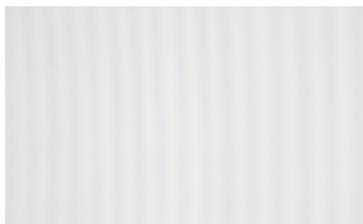


Interferenz an Schirm 1

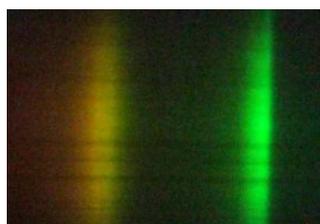


Spektrum an Schirm 2

etwa 5 Minuten später



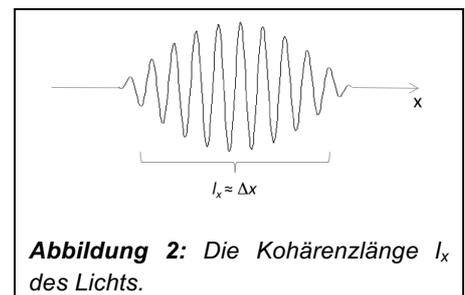
keine Interferenz an Schirm 1



Spektrum an Schirm 2

Versuchserklärung

Ein wesentlicher Unterschied des Lichts der Quecksilber-Höchstdruckdampfampe zum Licht eines Lasers ist die Kohärenzlänge der Strahlung. Während diese beim Laserlicht sehr groß ist, ist sie bei einer Dampfampe vergleichsweise klein. Jeder ausgesandte Wellenzug entspricht einem Photon. Somit ergibt sich als Abschätzung für die Ortsunschärfe des Photons gerade die Kohärenzlänge der entsprechenden Wellenzüge (siehe Abbildung 2).



Mit anhaltender Brenndauer wird die Quecksilber-Höchstdrucklampe zunehmend heißer, wodurch sich der Druck in ihrem Inneren erhöht. Dies führt dazu, dass die Licht aussendenden Quecksilberatome häufiger zusammenstoßen. Hierdurch nimmt die Lebensdauer der angeregten Zustände der Atome ab und somit deren Ausstrahlungszeit. Der Wellenzug wird kürzer. Da die Kohärenzlänge der mittleren Länge des Wellenzuges entspricht, verkleinert sie sich und die Ortsunschärfe der Photonen nimmt ab.

Die Interferenzen entstehen durch Überlagerung von Wellen, die an der vorderen beziehungsweise hinteren Grenzfläche des Glimmerblattes reflektiert werden. Sie verschwinden, sobald der Wegunterschied der Wellen kleiner als die Kohärenzlänge des Wellenzuges wird. Wie in Abbildung 3 dargestellt, kann also in dem Augenblick, in dem das Interferenzmuster auf Schirm 1 gerade verschwindet, die Länge des Wellenzuges und damit die Unbestimmtheit des Ortes Δx durch die Wegdifferenz der beiden Wellen abgeschätzt werden. Diese entspricht ungefähr dem geometrischen Lichtweg durch das Glimmerblatt der Dicke $d = 0,07 \text{ mm}$ mit dem Brechungsindex $n = 1,59$. Damit ergibt sich für die Ortsunschärfe zum Zeitpunkt des Verschwindens der Interferenzstruktur zu

$$\Delta x \approx 2 \cdot 0,07 \text{ mm} \cdot 1,59 = 22,26 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Außerdem bedeutet eine Verringerung der Länge des Wellenzuges eine Verbreiterung des Frequenzbereiches. Daher verschwimmen mit zunehmender Brenndauer der Quecksilber-Höchstdrucklampe die Spektrallinien. Wenn die beiden zunächst getrennten gelben Linien mit $\lambda_1 = 577 \text{ nm}$ und $\lambda_2 = 579 \text{ nm}$ ineinander übergehen, besitzt jede der Linien eine Unschärfe von $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$. Es folgt:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \left| \frac{h}{\lambda_1} - \frac{h}{\lambda_1 + \Delta\lambda} \right| \\ &= \left| \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{577 \text{ nm}} - \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{578 \text{ nm}} \right| \\ &\approx 1,99 \cdot 10^{-30} \text{ Ns} \end{aligned}$$

Diese Rechnung mit Wellenlänge λ_2 liefert ein analoges Ergebnis. Hieraus ergibt sich schließlich für das Produkt von Orts- und Impulsunschärfe in diesem Experiment:

$$\begin{aligned} \Delta x \cdot \Delta p &\approx 22,26 \cdot 10^{-5} \text{ m} \cdot 1,99 \cdot 10^{-30} \text{ Ns} \\ &\approx 4,43 \cdot 10^{-34} \text{ Js} \end{aligned}$$

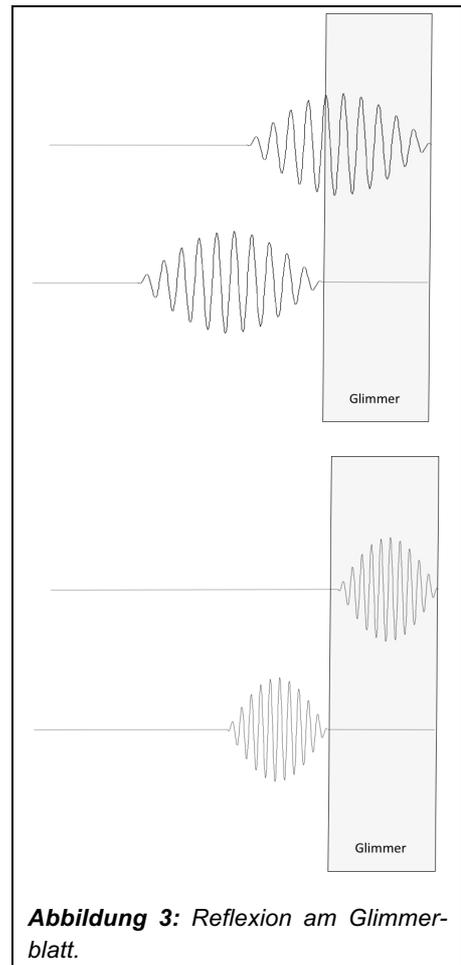


Abbildung 3: Reflexion am Glimmerblatt.