

Aufgaben

1 Aufgaben zur Vorbereitung

Aufgabe 1

Die Probe befindet sich auf einer motorisierten Stage, welche die Probe mit einer konstanten Geschwindigkeit $v_0 = 2 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$ bewegt. Wie muss die Aufnahme­frequenz der Kamera f_0 eingestellt werden, damit die Bilder im Abstand von $\Delta x_0 = 75 \text{ nm}$ aufgenommen werden? (Angabe in fps = frames per second)

Aufgabe 2

Im Verlauf des Praktikums werden Sie vor der LED einen Grünfilter anbringen, so dass sich die Eigenschaften der Lichtquelle ändern ($\lambda_{0,\text{grün}} = 550 \text{ nm}$, $\Delta\lambda = 40 \text{ nm}$)

a) Berechnen Sie die Kohärenzlänge für die LED mit Grünfilter unter der Annahme, dass der Lichtquelle immer noch eine gaußförmige Verteilung zugrunde liegt.

b) Damit nach einer Messung das 4-Bild-Verfahren angewendet werden kann, muss bei einer konstanten Bewegungsgeschwindigkeit $v_0 = 2 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$ der Probenstage die Aufnahme­frequenz $f_{0,\text{grün}}$ der Kamera so eingestellt werden, dass der Abstand zweier Bilder $\Delta x_{0,\text{grün}}$ gerade einem Achtel der Hauptwellenlänge $\lambda_{0,\text{grün}}$ entspricht. Berechnen Sie $f_{0,\text{grün}}$.

c) Eine hypothetische Probe besitzt zwei parallele Grenzflächen, die zueinander einen Abstand von $5 \mu\text{m}$ besitzen. Können diese Grenzflächen, unter Verwendung der LED mit Grünfilter, mit dem hier verwendeten OCT-Aufbau getrennt voneinander dargestellt werden?

d) Ändert sich Ihre Aussage, wenn Sie die Weißlicht-LED mit Kohärenzlänge $l_c = 2,88 \mu\text{m}$ für die Messung verwenden?

Aufgabe 3

Geben Sie an, ob die folgenden Aussagen korrekt sind und verbessern Sie diese für den Fall, dass sie nicht korrekt sind.

- Laserlicht ist zeitlich kohärent.
- Bezogen auf die Laufzeitdifferenz τ ist bei Interferenz von zeitlich inkohärentem Licht nie ein Interferenzmuster sichtbar.

- Ein Interferenzmuster ist genau dann gut sichtbar, wenn sich eine Probengrenzfläche im Intervall $I = \left[x_r - \frac{l_c}{2}, x_r + \frac{l_c}{2} \right]$ befindet.

Aufgabe 4

Folgende Begriffe, Verfahren und Zusammenhänge sollten Sie kennen und erklären können:

Laser/Weißlicht-Michelson-Interferometer, Interferenz, Unterteilung von zeitlicher Kohärenz, Kohärenzlänge, Kohärenzzeit, Gaußverteilung, optischer Kohärenztomograph, Interferogramm, 4-Bild-Verfahren, Wiener-Khintchin-Theorem, Zusammenhang von spektraler Leistungsdichte, Autokorrelationsfunktion/zeitlichem Kohärenzgrad und Interferogrammeinhüllender.

2 Aufgaben für das Praktikum

2.1 Erster Versuchstag

Aufgabe 1: *Vorversuche mit dem laserbetriebenen Michelson-Interferometer*

Bauen Sie das Michelson-Interferometer mithilfe der Laserlichtquelle auf (s. Aufbauanleitung 1.1). Schrauben Sie die in der Halterung befindliche Aufweitungslinse $f_3 = 75 \text{ mm}$ direkt an die Haltevorrichtung am Eingang des Strahlteilers. Verahren Sie die motorisierte Stage mithilfe von EDU-OCT (s. Aufbauanleitung - 3.1) in verschiedenen Geschwindigkeiten (von $v = 2 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$ bis $v = 1000 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$) und betrachten Sie dabei das Interferenzmuster auf dem Schirm.

- Erklären Sie die Form und Zusammensetzung des Interferenzmusters.
- Ist das Interferenzmuster über die gesamte Verfahrestrecke sichtbar?
- Welchen Einfluss hat die Verfahrgeschwindigkeit auf das Interferenzmuster?

Aufgabe 2: *Vorversuche mit dem Weißlicht-Michelson-Interferometer*

Bauen Sie den optischen Kohärenztomographen vollständig auf (Ergänzen Sie den Aufbau um Schritte 1.2 bis 1.4 in der Aufbauanleitung).

- Suchen Sie das Interferenzmuster, das entsteht, wenn sich die Vorderseite des Objektträgers und der Referenzspiegel im gleichen Abstand zum Strahlteiler befinden.
- Ändern Sie die Orientierung des Interferenzmusters so, dass es entweder senkrecht oder waagrecht im Kamerabild zu sehen ist (s. Aufbauanleitung 2.1). Notieren Sie sich die Position der motorisierten Stage, wenn sich das Interferenzmuster mittig im EDU-OCT-Fenster befindet.
- Wieso ist das Interferenzmuster nicht wie beim Laser durchgehend sichtbar?

Aufgabe 3: *Bestimmung der Objektträgerdicke*

Tauschen Sie nun den Objektträger gegen die Probe mit dem dünnen Deckgläschen aus. Diese ermöglicht eine genauere Erkennung der Rückseite aufgrund geringerer Streuung durch eine verminderte Länge. Dies vereinfacht die Messung bei gleichbleibender Physik. Wie können Sie nun die Dicke des Deckgläschens bestimmen? Überlegen Sie sich Methoden, diskutieren Sie diese in der Gruppe und führen Sie diese durch (siehe Aufbauanleitung – Abschnitt 3.1). Bedenken Sie hier, dass der Brechungsindex des Glases ca. $n = 1,5$ ist (vgl. Theorie – Kapitel 4.3).

Machen Sie sich über mögliche Fehlerquellen Gedanken und wiederholen Sie ggf. Messungen, um den statistischen Fehler zu begrenzen.

Hinweis: In der Aufbauanleitung sind mehrere Messmethoden der Software angegeben.

Aufgabe 4: *Bestimmung der Kohärenzlänge aus einem Interferogramm*

Als erste Übung sollen Sie nun in einer Messung die vordere Grenzfläche des Objektträgers beobachten, um daraus die Kohärenzlänge des verwendeten Lichts zu bestimmen:

- Justieren Sie den Objektträger so, dass er senkrecht im Strahlengang steht und dass das Interferenzmuster komplett zu sehen ist (s. Aufbauanleitung 2.1).
- Erstellen Sie mithilfe von EDU-OCT ein Interferogramm mit dem Objektträger als Probe (s. Aufbauanleitung 3.1 – Interferogramm aufnehmen) und bestimmen Sie die Kohärenzlänge.
- Vergleichen Sie den Wert mit dem theoretischen Wert für gaußförmige Lichtquellen ($l_c = 2,88 \mu\text{m}$).
- Wodurch könnten sich Abweichungen ergeben?
- Welche axiale Auflösung hat der Aufbau ungefähr? D.h. welche Abstände können Grenzflächen haben, so dass sie noch getrennt messbar sind?

Aufgabe 5: *4-Bild-Verfahren und Darstellung mit Matlab*

Führen Sie nun eine „Tomography“ Messung durch (siehe Aufbauanleitung 3.1). Probe: Z.B. Lebensmittelfolie (Verpackung von in Scheiben verkaufter Wurst oder Käse) oder aufeinandergelegte Deckplättchen. Hinweis: Da die Proben flächige Proben sind, können Sie den Probenausschnitt kleiner wählen, um zu große Datenmengen zu vermeiden. Wählen Sie dazu eine ROI (region of interest) aus. Die 4-Bild-Auswertung wird direkt von dem Programm EDU-OCT übernommen. Stellen Sie die Ergebnisse mithilfe des „volumeViewers“ geeignet dar (siehe Aufbauanleitung Abschnitt 3.2)

- Nutzen Sie die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten des „VolumeViewers“ und vergleichen Sie diese miteinander.
- Welche Auswirkungen haben Änderungen des „Isovalues“ auf das Bild?

Hausaufgabe bis zum nächsten Termin: *Eigene Probe*

Überlegen Sie sich eine geeignete Probe, bedenken Sie hierbei die Grenzen des Aufbaus. Bringen Sie diese Probe zum nächsten Versuchstermin mit oder gestalten Sie sie hier. Gerne können Sie auch mehrere Proben mitbringen und ihren Betreuer/ihre Betreuerin bei Fragen per Mail kontaktieren.

2.2 Zweiter Versuchstag

Aufgabe 6: *Vermessung von einem Kratzer in einem Objektträger*

Nehmen Sie den Objektträger mit dem Kratzer im Glas und führen Sie erneut eine Messung, sowie die Auswertung durch und stellen Sie ihr Ergebnis geeignet dar. Ist ein Querschnittsbild hier hilfreich?

Aufgabe 7: *Einfluss der Lichtquelle – Vermessung von einem Personalausweis-Hologramm*

Nehmen Sie ihren Personalausweis und stecken Sie ihn so in den Probenhalter, dass der Bereich zwischen den beiden Hologrammen ihres Passfotos beleuchtet wird (s. rote Markierung in Abb. 1).

- Führen Sie nun eine Messung durch.
- Ersetzen Sie den „>495nm“-Filter durch den Grünfilter ($\lambda_0 = 550 \text{ nm}$, $\Delta\lambda=40 \text{ nm}$) (s. Aufbauanleitung 2.3) und führen Sie die Messung im gleichen Bereich vom Personalausweis erneut durch. Achtung: denken Sie daran die „center wavelength“ anzupassen. (Warum?)
- Vergleichen Sie die Querschnittsbilder in beiden Messungen miteinander. Mit welchem Licht ergibt sich die bessere Darstellung?
- Vergleichen Sie die Messungen hinsichtlich des axialen Auflösungsvermögens miteinander und stellen Sie einen Zusammenhang zur Kohärenzlänge des einfallenden Lichts her.

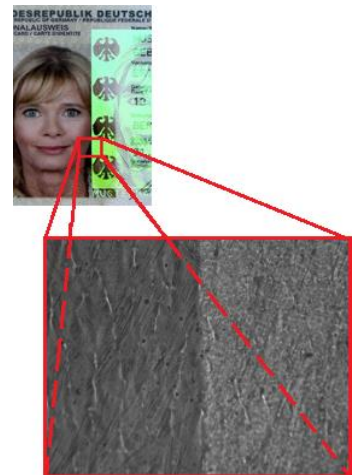


Abbildung 1: zu untersuchender Ausschnitt im Personalausweis

Aufgabe 8: laterale Vergrößerung – Vermessung einer Lasergravur

- Befestigen Sie Ihren Personalausweis im Probenhalter, sodass zwei Zahlen des Ablaufdatums zu sehen sind (vgl. Abb. 2) und starten Sie eine Messung.
- Entfernen Sie die Schiene mit Kamera und Linse aus dem Aufbau. Ersetzen Sie die Linse mit Brennweite $f = 200 \text{ mm}$ durch eine Linse mit Brennweite $f = 150 \text{ mm}$ und stellen Sie den Abstand zwischen Linse und Kamera so ein, dass ein unendlich korrigiertes Mikroskop entsteht (vgl. Aufbauanleitung 1.3). Setzen Sie die Schiene wieder in den Aufbau und starten Sie eine Messung an der gleichen Stelle wie zuvor.
- Stellen Sie Ihre Messungen geeignet dar und vergleichen Sie die Größe der Ausleuchtungsbereiche miteinander.
- Welchen Einfluss hat die Mikroskoplinse auf die laterale Auflösung? Und welchen Einfluss hat sie auf die axiale?



Abbildung 2: zu untersuchender Ausschnitt

Aufgabe 9: 3D gedruckte Probe

Untersuchen Sie die 3D gedruckte Struktur. Diskutieren Sie darüber, was Sie sehen.

Hinweis: Diese Struktur bitte besonders vorsichtig behandeln.

Aufgabe 10: Untersuchung eigener Proben

Untersuchen Sie ihre eigene Probe/Ihre eigenen Proben mit den nun gelernten Methoden. Diskutieren Sie im direkten Anschluss kurz mit ihrem Betreuer/ihrer Betreuerin, warum Sie sich für diese Probe entschieden haben und was nun dabei zu erkennen war.